

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ БИОМЕДИЦИНА

Журнал ФМБА России



ГЛАВНАЯ ТЕМА:
ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ
МЕДИЦИНЫ



ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ БИОМЕДИЦИНА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ФМБА РОССИИ

УЧРЕДИТЕЛЬ

ФМБА России, 123182, Москва, Волоколамское шоссе,
д. 30, стр. 1

ИЗДАТЕЛЬ

ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва,
Погодинская ул., д. 10, стр. 1

РЕДАКЦИЯ

Ответственный
редактор

Лилия Корсун, к.б.н.

Редакторы

Ольга Лалыменко, к.м.н.
Мария Хрущева, к.х.н.

Редактор перевода

Александр Бирюзов

Литературный редактор

Ольга Зеленова, к.пед.н.

Технический редактор,
дизайн

Мария Побережная

Адрес редакции

119121, Москва, Погодинская ул., д. 10, стр. 1
+7 (495) 540-61-71 (доб.: 4190, 4191, 4192)
extrememedicine@cspsfmba.ru; www.extrememedicine.ru

Исполнитель

ООО «НЭИКОН ИСП»: 115114, Москва, ул. Летниковская,
д. 4, стр. 5

Типография

ООО «Издательство «Триада»: 170034, Тверь,
Чайковского пр., д. 9, оф. 514

Тираж

100 экз. Цена свободная

Подписано в печать

07.09.2026

Дата выхода в свет

22.09.2026

Подписной индекс

в каталоге Урал-Пресс — 015598 (Экстремальная
биомедицина), 015599 (Extreme Medicine);
в каталоге Книга-сервис — 45101 (Экстремальная
биомедицина), 28044 (Extreme Medicine)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе
по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-91259 от 01.04.2026

Журнал индексируется в базах данных: Scopus,
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ),
CyberLeninka, RUSMED, и др.

Контент доступен по лицензии Creative Commons
Attribution International CC BY 4.0.

Обложка: Изображение по запросу: «illustration, silhouette
of an athlete, sensors are connected to his body, stadium
on the background», сгенерированное Побережной М.С.
с использованием ИИ Qwen

© Коллектив авторов, тексты статей, 2026
© ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, редакционно-издательская под-
готовка, перевод, дизайн, оригинал-макет, 2026
© ФМБА России, название журнала, концепция издания, 2026

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Вероника Скворцова, д.м.н., профессор, член-корр. РАН

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Игорь Берзин, д.м.н., профессор

Дарья Крючко, д.м.н., доцент

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Всеволод Белоусов, д.б.н., профессор, член-корр. РАН

Антон Кескинов, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.В. Богомолов, д.т.н., профессор (Москва, Россия); А.Н. Бойко, д.м.н.,
профессор (Москва, Россия); В.Н. Болахан, д.м.н., доцент (Москва, Россия);
И.В. Борисевич, д.м.н., профессор (Москва, Россия); А.Ю. Бушманов,
д.м.н., профессор (Москва, Россия); Р. Валента, PhD, профессор
(Вена, Австрия); С.Э. Восканян, д.м.н., профессор, член-корр. РАН
(Москва, Россия); Н.А. Дайхес, д.м.н., профессор, член-корр. РАН
(Москва, Россия); С.В. Дударенко, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург,
Россия); К.А. Зыков, д.м.н., профессор РАН, член-корр. РАН (Москва,
Россия); Н.Н. Каркищенко, д.м.н., профессор, член-корр. РАН (Москва,
Россия); Р.Р. Каспранский, к.м.н. (Москва, Россия); М.А. Лагарькова,
д.б.н., профессор, член-корр. РАН (Москва, Россия); Ю.В. Лобзин, д.м.н.,
профессор, академик РАН (Санкт-Петербург, Россия); В.В. Никифоров,
д.м.н., профессор (Москва, Россия); В.Н. Олесева, д.м.н., профессор
(Москва, Россия); Р.В. Петров, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва,
Россия); Б.А. Поляев, д.м.н., профессор (Москва, Россия); А.С. Радиков,
д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Россия); В.Л. Рейнюк, д.м.н., доцент
(Санкт-Петербург, Россия); В.Р. Рембовский, д.м.н., профессор (Санкт-
Петербург, Россия); С.В. Сидоренко, д.м.н., профессор, член-корр. РАН
(Санкт-Петербург, Россия); С.В. Сидоркевич, д.м.н. (Москва, Россия);
К.К. Стяжкин, д.б.н., профессор (Москва, Россия); А.В. Троицкий, д.м.н.,
профессор (Москва, Россия); А.Н. Усков, д.м.н., доцент (Санкт-Петербург,
Россия); И.Б. Ушаков, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва, Россия);
М.Р. Хаитов, д.м.н., профессор, член-корр. РАН (Москва, Россия);
С.М. Юдин, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А.В. Аклеев, д.м.н., профессор (Челябинск, Россия); С.А. Аракелов, к.б.н.,
профессор (Санкт-Петербург, Россия); В.П. Баклаушев, д.м.н., профессор
(Москва, Россия); Н.В. Ефименко, д.м.н., профессор (Пятигорск, Россия);
Е.В. Казакевич, д.м.н., профессор (Архангельск, Россия); В.П. Катунцев,
д.м.н., профессор (Москва, Россия); В.А. Климанов, д.ф.-м.н., профессор
(Москва, Россия); Д.В. Клинов, к.ф.-м.н. (Москва, Россия); И.П. Миннуллин,
д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Россия); И.Г. Мосягин, д.м.н.,
профессор (Санкт-Петербург, Россия); О.М. Панасенко, д.б.н., профессор,
член-корр. РАН (Москва, Россия); В.А. Рогожников, д.м.н., профессор
(Москва, Россия); С.А. Сотниченко, д.м.н., (Владивосток, Россия);
Т.Г. Суранова, к.м.н., доцент (Москва, Россия); Р.М. Тахауов, д.м.н.,
профессор (Северск, Россия); Н.К. Шандала, д.м.н., профессор (Москва,
Россия); С.М. Шинкарев, д.т.н. (Москва, Россия); Г.А. Шипулин, к.м.н.
(Москва, Россия); Т.В. Яковлева, д.м.н. (Москва, Россия)

Журнал издается с 1999 года, выходит 4 раза в год

Журнал входит в Единый государственный перечень научных изданий
(ЕГПНИ) — «Белый список» (уровень 1), а также в Перечень рецензируемых
научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на
соискание ученой степени доктора наук

Плата за публикацию статей и рецензирование рукописей не взимается

EXTREME MEDICINE

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL OF FMBA OF RUSSIA

FOUNDER

FMBA of Russia, Volokolamskoe shosse 30, bld. 1, Moscow 123182, Russia

PUBLISHER

Centre for Strategic Planning of the Federal Medical and Biological Agency, Pogodinskaya St. 1, bld. 10, Moscow 119121, Russia

EDITORIAL STAFF

Executive Editor	Lilia Korsun , PhD
Editors	Olga Lalymenko , PhD Maria Khrushcheva , PhD
Translation Editor	Alexander Biryuzov
Literary Editor	Olga Zelenova , PhD
Technical Editor, design	Maria Poberezhnaya

Postal address of the editorial office

Pogodinskaya St. 1, bld. 10, Moscow 119121, Russia
+7 (495) 540-61-71 (доб.: 4190, 4191, 4192)
extrememedicine@csfpmba.ru; www.extrememedicine.ru

Contract publisher

NEICON ISP LLC: Letnikovskaya St. 4/5, Moscow 115114, Russia

Printing office

Triada Publishing House LLC: Tchaikovsky Ave 9, office 514, Tver 170034, Russia

Print run

100 copies. Free price

Passed for printing

7 Sep. 2026

Date of publication

22 Sep. 2026

Subscription codes

Ural-Press agency catalogue: 015598 (In Russ.), 015599 (Eng.);
Kniga-servis catalogue: 45101 (In Russ.), 28044 (Eng.)

The journal is registered as a mass medium by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications. Certificate PI No. FS7-91259 dated 1 Apr. 2026

The journal is indexed in the following databases: Scopus, Russian Index of Science Citation (RISC), CyberLeninka, RUSMED, etc.

The content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International licence (CC BY 4.0)

Cover: Image by prompt: «illustration, silhouette of an athlete, sensors are connected to his body, stadium on the background» generated by M.S. Poberezhnaya using Qwen AI

© The Authors, texts of articles, 2026
© Centre for Strategic Planning of the Federal Medical and Biological Agency, editorial processing, translation, design, layout, 2026
© FMBA of Russia, journal title, concept, 2026

EDITOR-IN-CHIEF

Veronika Skvortsova, DSc, professor, member of the RAS

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Igor Berzin, DSc, professor
Daria Kryuchko, DSc

SCIENTIFIC EDITORS

Vsevolod Belousov, DSc, professor, member of the RAS
Anton Keskinov, PhD

EDITORIAL BOARD

A.V. Bogomolov, DSc, professor (Moscow, Russia); A.N. Boyko, DSc, professor (Moscow, Russia); W.N. Bolekhan, DSc, docent (Moscow, Russia); I.V. Borisevich, DSc, professor (Moscow, Russia); A.Y. Bushmanov, DSc, professor (Moscow, Russia); R. Valenta, PhD, professor (Vienna, Austria); S.E. Voskanyan, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); N.A. Daikhes, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); S.V. Dudarenko, DSc, professor (Saint-Petersburg, Russia); K.A. Zykov, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); N.N. Karkischenko, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); R.R. Kaspranskiy, PhD (Moscow, Russia); M.A. Lagarkova, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); Y.V. Lobzin, member of the RAS, DSc, professor (Saint-Petersburg, Russia); V.V. Nikiforov, DSc, professor (Moscow, Russia); V.N. Olesova, DSc, professor (Moscow, Russia); R.V. Petrov, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); B.A. Polyayev, DSc (Moscow, Russia); A.S. Radilov, DSc, professor (Saint-Petersburg, Russia); V.L. Rejniuk, DSc, docent (Saint-Petersburg, Russia); V.R. Rembovsky, DSc, professor (Saint-Petersburg, Russia); S.V. Sidorenko, member of the RAS, DSc, professor (Saint-Petersburg, Russia); S.V. Sidorovich, DSc (Moscow, Russia); K.K. Styazhkin, DSc, professor (Moscow, Russia); A.V. Troitsky, DSc, professor (Moscow, Russia); A.N. Uskov, DSc, docent (Saint-Petersburg, Russia); I.B. Ushakov, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); M.R. Khaitov, member of the RAS, DSc, professor (Moscow, Russia); S.M. Yudin, DSc, professor (Moscow, Russia)

EDITORIAL COUNCIL

A.V. Akleev, DSc, professor (Chelyabinsk, Russia); S.A. Arakelov, PhD, professor (Saint-Petersburg, Russia); V.P. Baklaushev, DSc, professor (Moscow, Russia); N.V. Efimenko, DSc, professor (Pyatigorsk, Russia); E.V. Kazakevich, DSc, professor (Arkhangelsk, Russia); V.P. Katuntsev, DSc, professor (Moscow, Russia); V.A. Klimanov, DSc, professor (Moscow, Russia); D.V. Klinov, PhD (Moscow, Russia); I.P. Minnullin, DSc, professor (Saint-Petersburg, Russia); I.G. Mosyagin, DSc, professor (Saint-Petersburg, Russia); O.M. Panasenko, DSc, member of the RAS, professor (Moscow, Russia); V.A. Rogozhnikov, DSc (Moscow, Russia); S.A. Sotnichenko, DSc (Vladivostok, Russia); T.G. Suranova, PhD, docent (Moscow, Russia); R.M. Takhauov, DSc, professor (Seversk, Russia); N.K. Shandala, DSc, professor (Moscow, Russia); S.M. Shinkarev, DSc (Moscow, Russia); G.A. Shipulin, PhD (Moscow, Russia); T.V. Yakovleva, DSc (Moscow, Russia)

Published since 1999, the journal is issued quarterly

The journal is included in the Unified State List of Scientific Publications ("White List") and the List of peer-reviewed scientific publications that the State Commission for Academic Degrees and Titles recommends for publishing the main scientific results of theses for Candidate of Science and Doctor of Science degrees

There is no fee for publishing articles and reviewing manuscripts

ГЛАВНАЯ ТЕМА: ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

Влияние физических нагрузок на эпигенетические модификации генома: значение для спортивной медицины (обзор)

А.И. Кадыкова, Е.Д. Копылов, Н.С. Гладышев, Р.В. Деев, А.В. Жолинский

Маркеры перетренированности спортсменов: систематический обзор и оценка согласованности результатов исследований

Ф.А. Мавлиев, А.Ш. Абдрахманова, В.Р. Карфик, Т.В. Сабиров, Ф.Р. Зотова

Принятие врачебных решений в области нутритивной поддержки спортсменов: доказательный и персонализированный подход (обзор)

Ж.В. Гришина, А.И. Кадыкова, Н.С. Гладышев, Е.Д. Копылов, А.В. Жолинский, В.С. Фещенко, Р.В. Деев

Факторы риска нарушений липидного обмена у несовершеннолетних спортсменов: обзор

А.В. Крутова, В.А. Мухортых, Т.А. Киселева, И.В. Зябкин

Влияние нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга на функциональное состояние организма спортсменов-мужчин в период учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья

Ю.В. Корягина, Ю.В. Кушнарева, С.В. Нопин, А.С. Нопин, О.С. Збицкая, С.М. Абуталимова

Валидация и определение воспроизводимости наборов из 10 слов для оценки памяти русскоязычной версии протокола SCAT-5: поперечное одноцентровое исследование

В.С. Фещенко, Б.А. Поляев, А.В. Сливин, М.И. Поляков, И.Т. Выходец

Функциональные перестройки кардиореспираторной системы у пловцов как маркер этапности профессиональной адаптации

И.Р. Кленков, Д.Ф. Покровская, Г.М. Цыбина, М.В. Сальников, Ж.Ж. Шакаев

Применение обогащенной тромбоцитами плазмы позволяет повысить качество жизни несовершеннолетних спортсменов с травмами крупных суставов

И.В. Зябкин, Е.В. Завалева, А.М. Ковалькова, В.А. Мухортых, И.В. Панкратов

Модельные характеристики функциональной подготовленности паралимпийцев с поражением опорно-двигательного аппарата в зимних видах спорта

И.В. Пастухова, И.В. Круглова

Мониторинг качества жизни несовершеннолетних спортсменов: поперечное исследование

Е.П. Исаева, П.Л. Окорок, С.А. Столярова, М.Р. Исаев, И.В. Зябкин, Н.В. Рылова

Наиболее частые клинические проявления последствий черепно-мозговой травмы у спортсменов

В.С. Фещенко, Б.А. Поляев, С.О. Ключников, В.В. Завьялов, А.Н. Федоров, М.И. Поляков, А.В. Сливин

Эффективность включения индивидуализированных изометрических нагрузок в протокол восстановительного лечения при травмах мышц группы хамстринг у спортсменов: рандомизированное контролируемое исследование

М.А. Попогребский, В.В. Кармазин, Д.Ф. Горлов, А.А. Горохов, С.А. Парастаев

MAIN TOPIC: APPLIED ASPECTS OF SPORTS MEDICINE

SPORTS MEDICINE

335 Influence of physical exercise on epigenetic modifications of the genome: significance for sports medicine (a review)

A.I. Kadykova, E.D. Kopylov, N.S. Gladyshev, R.V. Deev, A.V. Zholinsky

346 Overtraining markers in athletes: A systematic review and assessment of study consistency

F.A. Mavliev, A.Sh. Abdrakhmanova, V.R. Karfik, T.V. Sabirov, F.R. Zotova

359 Decision-making in sports nutrition: An evidence-based and personalized approach (a review)

Zh.V. Grishina, A.I. Kadykova, N.S. Gladyshev, E.D. Kopylov, A.V. Zholinsky, V.S. Feshchenko, R.V. Deev

370 Risk factors for lipid metabolism disorders in underage athletes: A review

A.V. Krutova, V.A. Mukhortykh, T.A. Kiseleva, I.V. Zybkin

378 Effect of beta-rhythm neurofeedback on the functional state of male athletes during training camps at mid altitude

Yu.V. Koryagina, Ju.V. Kushnareva, S.V. Nopin, A.S. Nopin, O.S. Zbitskaya, S.M. Abutalimova

385 Validation and reproducibility assessment of 10-word memory sets in the Russian version of SCAT-5: A cross-sectional single-center study

V.S. Feshchenko, B.A. Polyayev, A.V. Slivin, M.I. Polyakov, I.T. Vykhodets

394 Functional rearrangements of the cardiorespiratory system in swimmers as a marker of professional adaptation stages

I.R. Klenkov, D.F. Pokrovskaya, G.M. Tsybina, M.V. Salnikov, Zh.Zh. Shakayev

400 Platelet-rich plasma enhances quality of life in adolescent athletes with major joint injuries

I.V. Zybkin, E.V. Zavaleva, A.M. Kovalkova, V.A. Mukhortykh, I.V. Pankratov

407 Model characteristics of functional fitness of Paralympians with musculoskeletal impairments in winter sports

I.V. Pastuhova, I.V. Kruglova

417 Monitoring the quality of life of adolescent athletes: A cross-sectional study

E.P. Isaeva, P.L. Okorokov, S.A. Stolyarova, M.R. Isaev, I.V. Zybkin, N.V. Rilova

425 Long-term effects of traumatic brain injury in athletes: The most common clinical manifestations

V.S. Feshchenko, B.A. Polyayev, S.O. Klyuchnikov, V.V. Zavialov, A.N. Fedorov, M.I. Polyakov, A.V. Slivin

435 The effectiveness of incorporating individualized isometric loads into a rehabilitation treatment protocol for hamstring muscle injuries in athletes: A randomized controlled trial

M.A. Popogrebksky, V.V. Karmazin, D.F. Gorlov, A.A. Gorokhov, S.A. Parastaev

АРКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Биомаркеры системного воспаления как критерии оценки адаптационных возможностей организма при общем холодовом воздействии

В.П. Патракеева, В.А. Штаборов

Состояние адаптации военнослужащих в Арктике при оптимизации питания продуктом, содержащим пищевые и биологически активные вещества

Р.С. Рахманов, Д.А. Нарутдинов, Е.С. Богомолова, С.А. Разгулин

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОМОЩИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Слепое осколочное ранение ветви глубокой бедренной артерии с отсроченным кровотечением: клинический случай

А.Н. Казанцев, Д.Ю. Нескоромный, Н.А. Павленко, О.В. Алексеев

Хирургическое лечение огнестрельного многооскольчатого перелома лучевой и локтевой костей с дистальным повреждением магистральных сосудов предплечья в военно-полевом госпитале

А.Н. Казанцев, А.И. Чаава, Д.Ю. Нескоромный, О.В. Алексеев

Особенности создания и функционирования медицинской службы на удаленных объектах в условиях высокогорья: обзор

А.А. Ашырбаев, С.Р. Сирмбард

ARCTIC MEDICINE

Biomarkers of systemic inflammation as evaluation criteria for the body's adaptive capabilities under whole-body cold exposure

V.P. Patrakeeva, V.A. Shtaborov

Adaptation status of military personnel in the Arctic under nutritional optimization with a food product containing biologically active substances

R.S. Rakhmanov, D.A. Narutdinov, E.S. Bogomolova, S.A. Razgulin

EMERGENCY RESPONSE ORGANIZATION

Blind fragment injury of a branch of the deep femoral artery with delayed hemorrhage: A clinical case

A.N. Kazantsev, D.Yu. Neskromny, N.A. Pavlenko, O.V. Alekseev

Surgical management of a gunshot comminuted forearm fracture with distal major vessel injury in a field hospital

A.N. Kazantsev, A.I. Chaava, D.Yu. Neskromny, O.V. Alekseev

Features of establishing and operating a medical service at remote high-altitude sites: a review

A.A. Ashyrbayev, S.R. Sirmbard

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-467>

УДК 577.218



ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДИФИКАЦИИ ГЕНОМА: ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ (ОБЗОР)

А.И. Кадыкова, Е.Д. Копылов[✉], Н.С. Гладышев, Р.В. Деев, А.В. Жолинский

Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Введение. Физическая нагрузка является одним из наиболее мощных средовых факторов, модулирующих эпигенетические модификации генома. Регуляция активности генов посредством химической модификации ДНК, изменения гистонов и некодирующих РНК выступает связующим звеном между тренировками и формирующимся фенотипом спортсмена. Данные литературы остаются разрозненными и нередко противоречивыми, что обусловлено методологическими сложностями, гетерогенностью исследуемых групп и отсутствием стандартизации протоколов.

Цель. Систематизация и обобщение современных данных о влиянии физических нагрузок на эпигенетические модификации генома, анализ их вклада в процессы адаптации, восстановления и формирования риска патологических состояний у спортсменов, а также оценка перспектив применения эпигенетических маркеров в спортивной медицине.

Обсуждение. Физические упражнения индуцируют специфические изменения в трех основных звеньях эпигенома. Острые и хронические нагрузки вызывают гипометилирование промоторов генов энергетического обмена (*PPARGC1A*, *PDK4*, *PPARD*), что сопровождается усилением экспрессии и митохондриальным биогенезом. Модификации гистонов (ацетилирование, фосфорилирование H3.3-Ser-31, лактирование) изменяют плотность упаковки хроматина. Спектр микроРНК зависит от типа и продолжительности тренировок, однако информация по отдельным микроРНК (в том числе miR-1) остается противоречивой, что в значительной степени определяется различиями в методологии (тренированность участников, временные точки, способ нормализации, пол). Сигнальные каскады (AMPK, MAPK, IGF-1/Akt, NF-κB, NFE2L2) интегрируют энергетические сигналы и эпигенетический ответ. Эпигенетический ответ тканеспецифичен и модулируется полом, возрастом и этнической принадлежностью. Отдельными перспективными направлениями являются анализ экзеркинов, в том числе микроРНК внеклеточных везикул (EVs), и нутриэпигенетика.

Выводы. Физические нагрузки закономерно вызывают характерные эпигенетические модификации, которые участвуют в адаптации, и могут рассматриваться как потенциальные биомаркеры функционального состояния спортсмена. Перспективные направления применения в спортивной медицине включают мониторинг восстановления через эпигенетические часы, прогноз травматизма и перетренированности, персонализацию тренировок и расширение «Athlete Biological Passport» (биологического «паспорта» спортсмена) за счет эпигенетических маркеров. Внедрение результатов в клиническую практику требует преодоления методологических ограничений и дальнейших проспективных исследований.

Ключевые слова: физическая нагрузка; эпигенетика; метилирование ДНК; модификации гистонов; микроРНК; экзеркины; спортивная медицина

Для цитирования: Кадыкова А.И., Копылов Е.Д., Гладышев Н.С., Деев Р.В., Жолинский А.В. Влияние физических нагрузок на эпигенетические модификации генома: значение для спортивной медицины (обзор). *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):335–345. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-467>

Финансирование. Научное исследование проведено на основании государственного контракта № 107.003.25.14 от 20.06.2025 «Исследование молекулярно-генетических предикторов длительной спортивной карьеры и эпигенетических модификаций генома спортсменов сборных команд Российской Федерации» (шифр «Карьера-25-27»).

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Копылов Евгений Дмитриевич evgenijcopylov19540@gmail.com

Статья поступила: 17.02.2026 **После доработки:** 07.05.2026 **Принята к публикации:** 18.05.2026 **Online first:** 24.07.2026

INFLUENCE OF PHYSICAL EXERCISE ON EPIGENETIC MODIFICATIONS OF THE GENOME: SIGNIFICANCE FOR SPORTS MEDICINE (A REVIEW)

Anastasia I. Kadykova, Evgeniy D. Kopylov[✉], Nikita S. Gladyshev, Roman V. Deev, Andrey V. Zholinsky

National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

Introduction. Physical exercise is one of the most powerful environmental factors modulating epigenetic modifications of the genome. The regulation of gene activity via the chemical modification of DNA, histone alterations, and non-coding RNAs serves as a link between training and the developing athletic phenotype. However, published data remain fragmented and often contradictory due to methodological challenges, heterogeneous cohorts, and a lack of protocol standardization.

Objective. Systematization and synthesis of current data on the influence of physical exercise on epigenetic modifications of the genome, analysis of their contribution to the processes of adaptation, recovery, and formation of the risk of pathological conditions in athletes, as well as assessment of the prospects for the use of epigenetic markers in sports medicine.

Discussion. Physical exercise induces specific changes in the three main components of the epigenome. Acute and chronic loads cause hypomethylation of the promoters of energy metabolism genes (*PPARGC1A*, *PDK4*, *PPARD*), which is accompanied by increased expression and mitochondrial biogenesis. Histone modifications (acetylation, phosphorylation of H3.3-Ser-31, lactylation) alter chromatin packing density. The spectrum of microRNAs depends on the type and duration of training; however, information on individual microRNAs (including miR-1)

© А.И. Кадыкова, Е.Д. Копылов, Н.С. Гладышев, Р.В. Деев, А.В. Жолинский, 2026

remains contradictory, largely due to differences in methodology (participant training status, time points, normalization method, sex). Signaling cascades (AMPK, MAPK, IGF-1/Akt, NF- κ B, NFE2L2) integrate energetic signals and the epigenetic response. The epigenetic response is tissue-specific and is modulated by sex, age, and ethnicity. Promising directions include the analysis of exerkines, including microRNAs from extracellular vesicles, and nutrigenetics.

Conclusions. Physical exercise consistently induces characteristic epigenetic modifications that participate in adaptation and can be considered as potential biomarkers of an athlete's functional state. Promising areas of application in sports medicine include monitoring recovery through epigenetic clocks, predicting injury and overtraining, personalizing training, and extending the Athlete Biological Passport with epigenetic markers. Implementation of the results into clinical practice requires overcoming methodological limitations and further prospective research.

Keywords: physical exercise; epigenetics; DNA methylation; histone modifications; microRNA; exerkines; sports medicine

For citation: Kadykova A.I., Kopylov E.D., Gladyshev N.S., Deev R.V., Zholinsky A.V. Influence of physical exercise on epigenetic modifications of the genome: significance for sports medicine (a review). *Extreme Medicine*. 2026;28(3):335–345. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-467>

Funding. The research was carried out under State Contract No. 107.003.25.14 (20.06.2025) titled "Investigation of Molecular-Genetic Predictors for a Long-Term Sports Career and Epigenetic Genome Modifications in Russian National Team Athletes" (Project Code: "Career-25-27").

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Evgeniy D. Kopylov evgenijkopylov19540@gmail.com

Received: 17 Feb. 2026 **Revised:** 7 May 2026 **Accepted:** 18 May 2026 **Online first:** 24 July 2026

ВВЕДЕНИЕ

Физическая нагрузка представляет собой физиологический стимул, запускающий адаптационную перестройку клеточного метаболизма, сигнальных каскадов и экспрессии генов во множестве тканей организма. Молекулярной основой этой адаптации наряду с изменением активности регуляторных белков служат эпигенетические механизмы — обратимые изменения в регуляции экспрессии генов без изменения последовательности ДНК [1, 2]. Эпигенетические модификации обеспечивают связующее звено между тренировочным процессом и формирующимся фенотипом спортсмена, определяя особенности его адаптации к нагрузкам различного характера [3, 4].

К основным эпигенетическим механизмам относятся метилирование ДНК, посттрансляционные модификации гистонов и регуляция экспрессии некодирующими РНК [5], которые чувствительны к воздействию внешних (физическая активность, питание, сон, стресс) и внутренних факторов [6, 7]. Систематические тренировки вызывают специфические изменения эпигенетического профиля скелетных мышц, миокарда, жировой ткани и иммунных клеток, влияя на экспрессию генов митохондриального биогенеза, окислительного метаболизма, мышечной гипертрофии, противовоспалительного и антиоксидантного ответа [8, 9]. Направленность и выраженность изменений зависят от вида нагрузки и ее метаболической специфики [10, 11].

Индуклируемые нагрузкой эпигенетические модификации могут иметь как протективный адаптивный характер, так и быть ассоциированы с повышенным риском заболеваний, перетренированности и спортивного травматизма [12, 13]. Это делает эпигенетические маркеры перспективными кандидатами на роль инструментов персонализированной спортивной медицины [14, 15]. Вместе с тем сохраняются нерешенные вопросы об устойчивости приобретенных модификаций, достоверности ассоциаций с фенотипом и клинической применимости этих маркеров.

Цель работы — систематизация и обобщение современных данных о влиянии физических нагрузок на эпигенетические модификации генома, анализ их вклада в процессы адаптации, восстановления и формирования риска патологических состояний у спортсменов, оценка перспектив применения эпигенетических маркеров в спортивной медицине.

Поиск научных публикаций выполнен за период 2010–2026 гг. по базам данных PubMed, Scopus, eLIBRARY по ключевым словам на русском языке: «эпигенетические модификации, вызванные физическими упражнениями», «эпигенетическая регуляция физической работоспособности», «эпигенетическая адаптация к физическим упражнениям», «метилирование ДНК и физические упражнения», «микроРНК и спортивная подготовка», «модификации гистонов и физическая активность», «эпигенетические биомаркеры в спорте», «экзеркины», «внеклеточные везикулы при физических упражнениях», «эпигенетические часы и спортсмены», «биологический паспорт спортсмена miRNA», «эпигенетический допинг», «нутриэпигенетика», а также по аналогичным запросам на английском языке. Преимущественно анализировали оригинальные экспериментальные работы, клинические исследования и систематические обзоры. Из отбора исключали публикации без доступа к полнотекстовым версиям. Номенклатура генов приведена в соответствии с рекомендациями HUGO¹. Для идентификации микроРНК использовали центральную онлайн-базу данных по номенклатуре микроРНК (miRBase)². Подробный глоссарий ключевых генов и микроРНК с идентификаторами опубликован на сайте журнала³.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В последние полтора десятилетия произошли значительные изменения в понимании того, как физические упражнения влияют на эпигенетические модификации генома. Первые работы были сосредоточены на выявлении изменений метилирования ДНК и модификаций гистонов в скелетных мышцах.

¹ Gene Nomenclature Committee. HGNC. www.genenames.org

² Центральная онлайн-база данных по номенклатуре микроРНК (miRBase). www.mirbase.org

³ <https://doi.org/10.47183/mes.2026-467-annex>

С развитием молекулярных и биоинформатических методов стали применяться интегративные мультиомные подходы, что позволило глубже понять взаимосвязи между эпигенетическими маркерами и экспрессией генов, влияющих на метаболическое здоровье и темпы старения [16, 17]. Современные исследования охватывают более широкий спектр тканей (скелетные мышцы, миокард, жировую ткань, лейкоциты, слюну, сперматозоиды) и разнообразные группы испытуемых [18].

Молекулярные механизмы эпигенетической регуляции при физической нагрузке

К основным эпигенетическим изменениям относятся метилирование ДНК, модификации гистонов и регуляция экспрессии генов за счет некодирующих РНК [11]. Эпигенетические модификации являются молекулярным «мостом» между генотипом и фенотипом [19]. Снижение метилирования промоторных областей генов, ассоциированных с биогенезом митохондрий (*PPARGC1A*, *PDK4*, *PPARD*), приводит к усилению их экспрессии и росту аэробной выносливости [20, 21]. Степень и длительность эпигеномных изменений варьируют от кратковременных (минуты — часы) до долгосрочных, обеспечивая «эпигенетическую память» и стойкую адаптацию [22]. В таблице 1 и на рисунке 1 систематизированы три основных типа модификаций, их молекулярная сущность и ключевые физиологические эффекты.

Метилирование ДНК

Метилирование ДНК — наиболее изученный эпигенетический механизм [23, 24]. В работе R. Barrès и соавт. было показано, что общее метилирование в скелетных мышцах снижалось после интенсивной нагрузки, что сопровождалось дозозависимым повышением экспрессии *PPARGC1A*, *PDK4* и *PPARD* и выраженным гипометилированием их промоторов. Аналогичный эффект продемонстрирован в камбаловидной мышце мыши через 45 мин после сокращения *ex vivo* [25]. В исследовании R.A. Seaborne и соавт. установлено, что у здоровых мужчин гены *GRIK2*, *TRAF1*, *BICC1* и *STAG1* гипометилировались после однократной силовой нагрузки и сохраняли это состояние в течение 22 недель [26]. В метаанализе P. Etayo-Urtasun и соавт. также подтверждено, что как аэробные, так и силовые тренировки статистически значимо модулируют профиль метилирования в скелетных мышцах и крови здоровых взрослых, причем эффект зависит от типа и длительности тренировок [23].

Модификации гистонов

Гистоны — основные белковые компоненты хроматина. Они включают пять классов (H1, H2A, H2B, H3, H4), каждый с несколькими подтипами [27]. Ключевым метаболическим регулятором ацетилирования является ацетил-КоА: ацетилирование «расслабляет» хроматин (эухроматин), деацетилирование (HDAC) «уплотняет»

Таблица. Основные эпигенетические механизмы, их изменения под влиянием физических нагрузок и физиологические эффекты

Параметр	Тип модификации		
	Метилирование ДНК	Модификации гистонов	Некодирующие РНК (микроРНК, lncRNA, circRNA)
Молекулярный механизм	Присоединение CH ₃ к цитозину в CpG-островках; Гиперметилирование → репрессия; Гипометилирование → активация	Ацетилирование (HAT) ↔ деацетилирование (HDAC); Фосфорилирование Ser-31 H3.3; Лактирование лизинов гистонов	МикроРНК (18–24 нт) связываются с мРНК и вызывают ее деградацию или блокаду трансляции; lncRNA и circRNA регулируют транскрипцию и служат «губками» для микроРНК
Направленность изменений при физических нагрузках	Гипометилирование промоторов генов метаболизма, митохондриального биогенеза и гипертрофии; Формирование стойкого гипометилирования при повторных нагрузках («эпигенетическая память»)	Рост ацетил-КоА при нагрузке → субстратная активация ацетилирования. Ингибирование HDAC → гиперацетилирование. Фосфорилирование H3.3-Ser-31. Лактирование при накоплении лактата	Разнонаправленные изменения miR-1, miR-133a/b, miR-206 в зависимости от режима (силовая или аэробная, острая или хроническая, тренированные или нетренированные); Повышение miR-21, miR-29b при аэробной нагрузке
Физиологические эффекты / ассоциированные гены	Усиление экспрессии <i>PPARGC1A</i> , <i>PDK4</i> , <i>PPARD</i> → митохондриальный биогенез; Гипометилирование <i>GRIK2</i> , <i>TRAF1</i> , <i>BICC1</i> → долговременная гипертрофия	Облегчение транскрипционного ответа, активация генов метаболизма, регенерации и адаптации к гипоксии	Миомышечная гипертрофия, кардиопротекция, липидный обмен (через PDCD4), регенерация после травм (miR-206, miR-486), межтканевая коммуникация через EVs

Таблица составлена авторами по данным источников [23, 28, 34]

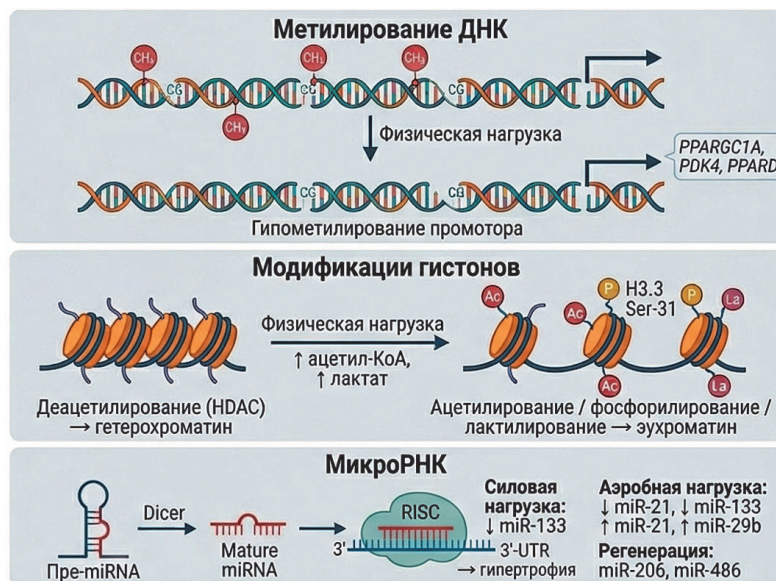


Рисунок подготовлен авторами по данным [25, 27–32, 34]

Рис. 1. Три уровня эпигенетической регуляции при физической нагрузке. RISC — РНК-индуцированный комплекс выключения гена; DICER — ферментный комплекс (рибонуклеаза III)

его (гетерохроматин) [28]. Физическая нагрузка интенсифицирует окисление жирных кислот и углеводов, увеличивая концентрацию ацетил-КоА [29], что создает субстратную основу для гиперацетилирования. В работе M. Chen и соавт. показано, что индуцированное трихостатином А гиперацетилирование миобластов усиливает их слияние и секрецию внеклеточных везикул с miR-873-3p, стимулирующих остеогенную дифференцировку мезенхимальных стволовых клеток [30].

Фосфорилирование Ser-31 гистона H3.3 также регулирует ответ мышц на нагрузку. S. Maruyama и F. Kawano продемонстрировали, что уровень H3.3-Ser-31ph снижен в мышцах старых мышей; введение мутантного H3.3 с заменой серина на глутаминовую кислоту (H3.3S31E) восстанавливало транскрипционный ответ на нагрузку [31]. D. Zhang и соавт. впервые установили, что лактат служит субстратом для лактирования гистонов — новой посттрансляционной модификации, модулирующей экспрессию генов репарации тканей и воспаления [32]. В контексте физической нагрузки рост уровня лактата может вносить вклад в эпигенетическую регуляцию как через ацетилирование, так и через лактирование [33].

Некодирующие РНК: критический анализ противоречий

МикроРНК (18–24 нт) регулируют экспрессию генов посттранскрипционно, связываясь с матричной РНК [34]. Физическая нагрузка изменяет экспрессию специфичных для мышц микроРНК («миомиРНК» — miR-1, miR-133a, miR-133b, miR-206). Силовая тренировка снижает уровни miR-1 и miR-133, подавляющих мышечный рост, что способствует гипертрофии [34].

Противоречивость данных по miR-1

В спортивной медицине характер изменения miR-1 в ответ на аэробную нагрузку остается одним из наи-

более спорных вопросов. S. Nielsen и соавт. обнаружили, что у нетренированных мужчин разовое аэробное упражнение увеличивает экспрессию miR-1 ($p < 0,05$), однако спустя 12 недель тренировок базальный уровень miR-1 падает и острая нагрузка уже не вызывает его подъема [35]. A.P. Russell и соавт. в аналогичном исследовании продемонстрировали, что miR-1 повышается как после острой аэробной нагрузки, так и спустя 10 дней тренировок ($p < 0,05$) [36]. A. Grieb и соавт. не выявили значимого изменения miR-1 в скелетной мышце после однократной субмаксимальной нагрузки на выносливость у женщин [34]. Совсем иной характер изменений отмечен у циркулирующих микроРНК: в плазме miR-1 повышается через 3 ч после упражнения [37], а после полумарафона уровни циркулирующих miR-1, miR-133a и miR-206 существенно возрастают [38]. Различия между тканевым и циркулирующим пулом miR-1, по-видимому, отражают разные биологические процессы.

Расхождения в исследованиях можно свести к нескольким методологическим факторам:

- тренированность участников: у нетренированных исходно высокие базовые уровни миомиРНК, тогда как у тренированных базовый уровень снижен, что сдвигает величину и направление ответа на острую нагрузку;
- тип и интенсивность нагрузки: некорректное сравнение метаболически разных нагрузок (70% VO₂ max) только по проценту от максимального потребления кислорода без учета их различной метаболической специфики [39];
- временные точки взятия биопсии, включая мышечную ткань: miR-1 демонстрирует быструю транскрипционную динамику, и результаты сильно зависят от того, была ли ткань взята сразу, через 2, 3 или 24 ч после нагрузки [40];
- пол участников: большинство исследований выполнены на мужчинах; данные у женщин немногочисленны и демонстрируют иной профиль ответа [34];

- способ нормализации в qPCR: использование Rnu6, cel-miR-39 как экзогенного контроля или других референсов может существенно менять результаты относительной экспрессии генов [41];
- преаналитические факторы: гемолиз плазмы, способ выделения РНК, хранение образцов могут критически искажать измерения циркулирующих микроРНК [42].

Таким образом, для создания валидных эпигенетических биомаркеров в спортивной медицине необходима стандартизация протоколов согласно принципам, развиваемым Международным обществом по изучению внеклеточных везикул (ISEV), – «Минимальная информация для исследований внеклеточных везикул (версия 2023 г.)» (MISEV2023) [43], и аналогичным инициативам для микроРНК.

Помимо miR-1, в регуляции адаптации участвуют miR-133a (задействована в регуляции гипертрофии и защите миокарда) [44], miR-21 (улучшение липидного обмена через *PDCD4*) [45–48], miR-29b (адаптация к аэробной нагрузке), а также ключевые для сигнальной регуляции miR-486 (PI3K/AKT через *PTEN*) и miR-206 (отвечающая за регенерацию мышц) [15]. Современные работы все больше внимания уделяют взаимодействию микроРНК с длинными некодирующими РНК (lncRNA) и кольцевыми РНК (circRNA) в сердце: оси miR-lncRNA и miR-circRNA опосредуют кардиопротективный эффект физической активности, при этом кольцевая РНК необходима для индуцируемой нагрузкой гипертрофии миокарда [49].

Сигнальные каскады и их эпигенетические эффекторы

Физическая нагрузка влияет на экспрессию генов, задействованных в ключевых сигнальных каскадах: AMPK, PGC-1 α (белковый продукт *PPARGC1A*), MAPK, инсулиновом и IGF-1/Akt путях, NF- κ B, антиоксидантном ответе *NFE2L2* (NRF2) [50]. Ниже кратко представлены изменения в каждом из перечисленных сигнальных путей.

AMP-активируемая протеинкиназа — ключевой энергетический сенсор. При нагрузке AMPK стимулирует утилизацию глюкозы, окисление жирных кислот и биогенез митохондрий [51]. AMPK фосфорилирует гистон H2B, HDAC4 и HDAC5, что, в свою очередь, приводит к дефосфорилированию репрессора *MEF2A* и активирует промотор *GLUT4* (SLC2A4), усиливая захват глюкозы мышцей [51, 52].

Коактиватор PGC-1 α — главный регулятор митохондриального биогенеза. У мышей в возрасте 18 мес. низкий уровень PGC-1 α коррелирует с гиперметилованием промотора *PPARGC1A*; тренировки способствуют его гипометилированию и увеличению экспрессии, причем разные режимы нагрузки сопоставимы по эффективности [53].

Митоген-активируемые протеинкиназы фосфорилируют гистон H3, изменяя доступность генов для транскрипции. Совместная активация AMPK, MAPK и PGC-1 α после высокоинтенсивных нагрузок усиливает биогенез митохондрий и окислительный метаболизм [54].

Инсулиновый путь и IGF-1/Akt связаны с мышечной гипертрофией [55, 56]. Тренировки у пожилых людей

снижают метилирование *IGF1* и улучшают чувствительность к инсулину [57]; при этом физическая активность модулирует метилирование негативных регуляторов пути, в том числе *PTEN* [58]. При этом miR-486 через *PTEN* прямо регулирует этот каскад [15].

Воспаление и оксидативный стресс (NF- κ B и NFE2L2)

Регулярная физическая активность ассоциирована с изменением иммунного ответа в сторону противовоспалительного профиля и может модулировать экспрессию генов воспалительного ответа через эпигенетические механизмы, включая изменения метилирования ДНК, модификации гистонов и регуляцию микроРНК [59, 60]. Цитокиновый ответ на нагрузку при этом зависит от интенсивности, длительности, тренированности и времени забора образцов [61]. Умеренный оксидативный стресс активирует *NFE2L2* (NRF2) — главный регулятор антиоксидантного ответа, что сопровождается деметилированием промоторов ферментов детоксикации активных форм кислорода [62].

Специфичность эпигенетического ответа

Эпигенетический ответ на физическую нагрузку неодинаков в разных тканях и клетках [9]. В скелетной мышце изменения метилирования и модификаций гистонов наиболее выражены и затрагивают гены митохондриального биогенеза, регуляции калиевых каналов, сократимости. В миокарде нагрузка активирует специфические паттерны miR-1, miR-133, miR-29a, miR-126 и опосредованные ими оси длинных некодирующих и циркулярных РНК (lncRNA-/circRNA-оси), обеспечивающих кардиопротекцию [49]. В жировой ткани после полугода аэробных тренировок у мало-подвижных взрослых изменяется уровень метилирования генов, связанных с обменом глюкозы и риском диабета 2-го типа [63]. В лейкоцитах периферической крови четырехнедельная спринтерская интервальная тренировка вызывает деметилирование генов, связанных с сердечно-сосудистой системой, у 12 здоровых мужчин [64]. Метилон лейкоцитов удобен для мониторинга состояния спортсменов, однако его связь с мышечным метиломом слабая и не позволяет использовать кровь в качестве аналогичного источника эпигеномных данных. В слюне возможен анализ эпигенетических часов (DNAmGrimAge2, DNAmFitAge) [14], а в сперматозоидах физическая нагрузка также изменяет профиль метилирования и микроРНК, что открывает область для изучения возможных трансгенерационных эффектов [65].

Характер нагрузки и спортивная специализация

Длительные тренировки на выносливость формируют паттерн метилирования ДНК в скелетных мышцах атлетов, отличный от спортсменов силовых видов спорта и неспортсменов [3, 4]. У «выносливых» атлетов отмечается более низкий уровень метилирования промоторов генов медленных мышечных волокон при одновременно повышенном метилировании регуляторных генов (*FOXO3*, *CREB5*, *PPARGC1A*) [3]. Даже внутри

одного типа нагрузки разные ее режимы вызывают разные эпигенетические изменения: при сравнении спринта с поворотами и «по прямой» M.F. Maasar и соавт. обнаружили более выраженное деметилирование генов MAPK/AMPK-каскадов, *VEGFA* и инсулинового пути при беге с поворотами [66]. В исследовании случай-контроль R.F. D'Souza и соавт. показано, что профили microRNA позволяют отличить пауэрлифтеров от людей, не занимающихся спортом, на основе пяти микроРНК (miR-126, miR-23b, miR-16, miR-23a, miR-15a) [67]. Комбинированные программы (аэробные + силовые) также вызывают специфические эпигенетические изменения: так, у пожилых женщин с ожирением 14-недельная программа снижает метилирование генов липогенеза и улучшает метаболические показатели [68].

Временная динамика эпигенетических изменений

Эпигенетические изменения после нагрузки имеют различную интенсивность и длительность. После интенсивной нагрузки промоторы *PPARGC1A*, *PDK4* и *PPARD* гипометилированы, с повышением уровня мРНК, однако через 3 ч наблюдается реметилирование — пример динамического эпигенетического ответа [25]. В работе R.A. Seaborne и соавт. с использованием полногеномного анализа метилирования (850 000 CpG-сайтов) показано, что повторный нагрузочный стимул индуцирует более выраженное гипометилирование генома (18 816 CpG-сайтов) по сравнению с первоначальной нагрузкой (9153 CpG-сайта). Когорта генов (*AXIN1*, *GRIK2*, *CAMK4*, *TRAF1*) демонстрировала сохранение гипометилированного статуса даже в условиях разгрузки с возвращением мышечной массы к исходному уровню. Другие гены (*UBR5*, *RPL35A*, *HEG1*, *PLAAT3* (ранее известный как *PLA2G16*), *SETD3*) также гипометилировались, но максимальные показатели и наибольший прирост мышечной массы регистрировали именно при повторной нагрузке — «эпигенетический отпечаток». Гены *GRIK2*, *TRAF1*, *BICC1* и *STAG1* гипометилировались уже после однократной силовой нагрузки и сохраняли это состояние в течение 22 недель [26].

Влияние пола, возраста и этноса на эпигенетические изменения

Большинство исследований эпигенетических эффектов нагрузки выполнены на мужчинах, что существенно ограничивает их экстраполяцию на женщин. Прямое сравнение мужчин и женщин выявляет различия: у элитных футболистов-мужчин показано более высокое ускорение эпигенетического старения по сравнению с женщинами [12]. В работе A. Grieb и соавт. профиль ответа миомиРНК на острую нагрузку у женщин отличался от ранее описанных паттернов у мужчин [34]. Следует учитывать и влияние фазы менструального цикла, применения гормональной контрацепции и менопаузального статуса на транскрипционный и эпигенетический ответ, однако систематические исследования по этим вопросам у спортсменок крайне немногочисленны [69].

Пластичность эпигенома максимальна у детей и подростков. У пожилых людей после 14 недель

смешанных тренировок отмечается снижение метилирования генов липогенеза и улучшение метаболических показателей [68]; 8 недель тренировок у малоактивных женщин снижают эпигенетический возраст в среднем на 2 года [57]. Т. Kawamura и соавт. подчеркивают, что ответ на тренировочный стимул наиболее выражен у лиц с исходно высоким ускорением биологического возраста [65]. Более того, эпигенетические изменения значимо проявляются у «ветеранов спорта», чей многолетний тренировочный опыт формирует специфический эпигенетический «отпечаток». Олимпийские чемпионы демонстрируют более медленное эпигенетическое старение по сравнению с неспортсменами [65].

Паттерны метилирования ДНК и экспрессии микроРНК могут различаться между этническими группами вследствие как генетических факторов (однонуклеотидные полиморфизмы в регуляторных областях), так и особенностей средовой экспозиции. Это означает, что референсные диапазоны эпигенетических биомаркеров, разработанные преимущественно на европейских или азиатских когортах, могут быть неприменимы к другим популяциям — важная методологическая оговорка при попытках внедрения эпигенетической диагностики в международный спорт.

Экзеркины, внеклеточные везикулы и нутриэпигенетика

Концепция экзеркинов (extracellular vesicles, EVs) рассматривает скелетную мышцу как эндокринный орган, секретирующий при сокращении пептиды, метаболиты и РНК, в том числе упакованные во внеклеточные везикулы (экзосомы размером 30–150 нм и микровезикулы). EVs обеспечивают межклеточную коммуникацию в ответ на нагрузку, перенося микроРНК, белки и липиды к клеткам-мишеням [65, 70]. С. Fröhbeis и соавт. показали, что физическая нагрузка вызывает быстрый выброс малых EVs в циркуляцию [71]. В работе M. Chen и соавт. отмечено, что ингибирование HDAC трихостатином А усиливало секрецию миоцитарных EVs, обогащенных miR-873-3p, стимулирующих остеогенную дифференцировку мезенхимальных стволовых клеток костного мозга [30]. V. Lisi и соавт. продемонстрировали, что EVs, выделенные из плазмы после аэробной нагрузки, оказывают кардиопротекторное действие через активацию антиоксидантных путей [72]. Гендерные различия также проявляются на уровне EVs. Так, С.К. Kargl и соавт. установили, что профиль циркулирующих EVs после 12 недель комбинированной тренировки у мужчин и женщин существенно различается [73]. Последние данные показали, что EVs, выделенные после тренировочной программы, могут частично имитировать эффекты физической нагрузки, ускоряя восстановление мышц после разгрузки у мышей [74]. Необходимо подчеркнуть, что связь между EV-микроРНК и тканевыми микроРНК скелетной мышцы остается слабой. В работе S. Lamou и соавт. показано, что корреляция между уровнями miR-1, miR-16, miR-23b и miR-133a/b в EVs и в мышечной ткани у мужчин и женщин отсутствовала после 60 мин езды на велоэргометре при 70% VO₂ ПИК [75]. Это, вероятно, подтверждает, что циркулирующие микроРНК в EVs

не являются прямым «слепоком» мышечной транскрипции, а отражают более сложную динамику секреции и клиренса.

Нутриэпигенетика

Питание выступает кофактором эпигенетического ответа на тренировку. Полифенолы (ресвератрол, куркумин, кверцетин, эпигаллокатехин-3-галлат) модулируют активность эпигенетических ферментов: ресвератрол активирует SIRT1 (класс III HDAC, NAD-зависимый), что усиливает подавление NF-κB-воспаления, аутофагию и выносливость; куркумин и кверцетин влияют на гистонацетилтрансферазы и HDAC, улучшая редокс-баланс и снижая воспаление [22]. Метил-доноры — фолаты, витамин B12, бетаин, холин, метионин — обеспечивают пул S-аденозилметионина для реакций метилирования ДНК и гистонов. При их дефиците эпигенетические ответы на нагрузку могут быть нарушены. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты изменяют воспалительно-ассоциированные профили метилирования. Они могут рассматриваться в качестве дополнительного регулятора эпигенетического ответа на тренировку: одна и та же нагрузка в разных нутритивных условиях вызывает разные эпигенетические эффекты.

Перспективы применения эпигенетических маркеров в спортивной медицине

На сегодняшний день можно выделить четыре ключевых направления применения эпигенетических маркеров: мониторинг восстановления и оценку биологического возраста атлета, прогнозирование риска спортивного травматизма, диагностику перетренированности, персонализацию тренировочного процесса (рис. 2).

Биомаркерами биологического возраста на основе метилирования ДНК являются DNAmGrimAge2, DNAmFitAge, PhenoAge и DunedinPACE — так называемые эпигенетические часы.

В исследовании R.T. Brooke и соавт. у профессиональных футболистов ($n \leq 19$) при сравнении образцов,

взятых до и после матча, были выявлены значительные изменения паттернов метилирования ДНК. Эти изменения сопровождались выраженным снижением показателей биологического возраста, оцениваемых с помощью эпигенетических часов. Так, расчетный возраст по часам DNAmGrimAge2 уменьшился на 32% ($\beta = -7,07$; $p < 0,001$), расчетный возраст по DNAmFitAge — на 18% ($\beta = -4,76$; $p < 0,001$). При этом после периода отдыха показатели возвращались к исходному уровню. Наиболее выраженный эффект наблюдался у полузащитников. Авторы также указали на возможную связь паттернов метилирования с частотой травм [14].

В исследовании R. Fernández Pérez и соавт. у 74 элитных футболистов обоих полов отмечено, что общее ускорение эпигенетического старения не отражает риск травм напрямую, однако отдельные дифференциально метилированные CpG-сайты могут служить предикторами индивидуальной предрасположенности [12]. H. Ding и соавт., A. Marrouh и соавт. подчеркивают перспективу интеграции полигенных показателей риска с экспрессией чувствительных к нагрузке микроРНК (miR-206, miR-133a, miR-486) как основы для прецизионной спортивной медицины [15, 21].

Анализ миомиРНК (miR-1, miR-133a/b, miR-206) в сочетании с паттернами метилирования метаболических генов рассматривается как перспективная панель биомаркеров тренированности [17, 76]. Объединение этих маркеров с циркулирующими белками (креатинкиназа, цитокины) может повысить чувствительность ранней детекции дезадаптации, однако клинически валидированных панелей в настоящее время не существует.

Концепция индивидуальной «эпигенетической памяти» и различной эпигенетической чувствительности к нагрузке позволяет потенциально формировать тренировочные программы с учетом эпигенетического профиля. Практическая реализация требует стандартизации протоколов эпигенетического анализа и разработки нормативной базы.

В области эпигенетики и антидопингового контроля борьба с допингом все чаще опирается на косвенные методы детекции, основанные на долгосрочном мониторинге биомаркеров. Эта концепция



Рисунок подготовлен авторами по данным [14, 17, 64, 76]

Рис. 2. Применение эпигенетических маркеров в спортивной медицине

реализована Всемирным антидопинговым агентством (ВАДА) в виде биологического паспорта спортсмена. Гематологический модуль паспорта действует с 2008 г., стероидный — с 2014 г. Оба используют байесовскую адаптивную модель для оценки индивидуального отклонения от нормы [77]. Однако короткие окна детекции и появление новых фармакологических субстанций делают прямые методы все менее эффективными — это создает предпосылки для расширения биологического паспорта за счет эпигенетических и РНК-маркеров.

V. Nicoli и соавт. предложили использование циркулирующих микроРНК в качестве биомаркеров применения анаболических андрогенных стероидов (ААС) [78]. При потреблении ААС возникает органное повреждение (сердца, печени, почек), сопровождаемое повышением уровня тканеспецифичных микроРНК в крови. Так, описано увеличение экспрессии miR-21 и miR-205 в почках у потребителей ААС, miR-146a после введения нандролона крысам, а также изменения miR-132 и miR-144 в ЦНС [78]. Важное преимущество микроРНК как биомаркеров — их высокая стабильность при комнатной температуре и циклах замораживания/оттаивания, что упрощает логику биобанкирования.

J. Durussel с соавт. выявили в периферической крови транскриптомную сигнатуру, характерную для применения рекомбинантного человеческого эритропоэтина. Этот след сохраняется даже после прекращения приема — в том числе в тех «окнах детекции», которые недоступны для прямых методов [79]. Данный факт принципиально важен ввиду того, что эпигенетические и экспрессионные изменения могут указывать на употребление запрещенных препаратов, даже когда само вещество уже не определяется. Концепция «эпигенетического наследия» допинга — долговременного сохранения изменений метилирования ДНК и микроРНК после отмены — активно исследуется. Учитывая существование «эпигенетической памяти» скелетной мышцы [26], правомерно спросить: могут ли паттерны метилирования, приобретенные при приеме анаболических андрогенных стероидов, сохраняться годами и давать атлету долгосрочное преимущество даже после официального прекращения их использования?

В 2021 г. ВАДА одобрила первый тест на генный допинг, а сегодня разрабатываются методы детекции экзогенной ДНК на фоне геномной ДНК атлета [80]. Эпигенетические маркеры здесь выступают как дополнение: введение трансгенов может оставлять характерные эпигенетические следы в экспрессии целевых генов.

Ограничения данных и настоящего обзора

При интерпретации приведенных данных и выводов необходимо учитывать ряд существенных ограничений:

- малые выборки: подавляющее большинство экспериментальных работ выполнено на группах от 6 до 30 человек, что снижает статистическую мощность и повышает риск ложноположительных результатов, особенно при мультитестировании (анализ 850 000 CpG-сайтов);

- смещение по полу: большинство исследований включают только мужчин или сильно гендерно-несбалансированные выборки, что серьезно ограничивает экстраполяцию на спортсменок;
- значительная часть данных получена на малоподвижных или умеренно тренированных добровольцах, а не на атлетах спорта высших достижений — группе, в которой спортивная медицина наиболее заинтересована. Экстраполяция на профессиональных спортсменов ограничено обоснована;
- гетерогенность протоколов: вид нагрузки, интенсивность, длительность, тип, временные точки, используемая платформа для анализа и способ нормализации варьируют между работами, делая прямое сравнение и метаанализ затруднительными. Для EVs особенно важно следование рекомендациям MISEV2023, однако не все работы им соответствуют [43];
- корреляция и каузальность: большая часть данных не подтверждает причинно-следственные связи. Ассоциация конкретного эпигенетического паттерна с фенотипическим исходом (выносливость, гипертрофия, травматизм) чаще остается предположительной. Функциональные подтверждения (knockout-, нокаут-, miRNA-mimics-эксперименты) преимущественно ограничены животными моделями;
- ограниченная доступность тканей. Биопсия скелетной мышцы — инвазивная процедура, особенно сложная у элитных атлетов в сезон профессиональной деятельности. Доступные «периферические» ткани (кровь, слюна) не всегда адекватно отражают мышечный эпигеном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физическая нагрузка является одним из наиболее мощных средовых факторов, изменяющих эпигеном. Последний, в отличие от генома, обладает высокой пластичностью и выступает связующим звеном между тренировочным процессом, наследственными особенностями и формирующимся фенотипом спортсмена. Физические нагрузки закономерно индуцируют обратимые изменения во всех трех основных звеньях эпигенома: метилировании ДНК, модификациях гистонов (ацетилирование, фосфорилирование H3.3-Ser-31, лактирование) и экспрессии микроРНК, а также в lncRNA- и circRNA-опосредованной регуляции. Эти механизмы позволяют избирательно изменять активность генов и сигнальных путей: AMPK, PGC-1 α , MAPK, IGF-1/Akt, NF- κ B, NFE2L2. Эпигенетический ответ тканеспецифичен, зависит от типа и характера нагрузки, а также от пола, возраста и этнической принадлежности атлета.

Недостаточно изученными остаются долгосрочная стабильность модификаций, каузальные связи между конкретными эпигенетическими изменениями и фенотипическими исходами, а также эпигенетическая память в ответ на фармакологические воздействия. Преодоление этих ограничений требует проспективных мультицентровых исследований на больших этнически разнородных когортах с применением мультиомных подходов.

Литература / References

- Widmann M, Nieß AM, Munz B. Physical exercise and epigenetic modifications in skeletal muscle. *Sports Medicine*. 2019;49(4):509–23. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01070-4>
- Plaza-Díaz J, Izquierdo D, Torres-Martos Á, Tariq Baig A, Aguilera CM, Ruiz-Ojeda FJ. Impact of physical activity and exercise on the epigenome in skeletal muscle and effects on systemic metabolism. *Biomedicines*. 2022;10(1):126. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10010126>
- Geiger C, Needhamson M, Emanuelsson EB, Norrbom J, Steindorf K, Sundberg CJ, et al. DNA methylation of exercise-responsive genes differs between trained and untrained men. *BMC Biology*. 2024;22(1):147. <https://doi.org/10.1186/s12915-024-01938-6>
- Seaborne RA, Strauss J, Cocks M, Shepherd S, O'Brien TD, van Someren KA, et al. Methyloome of human skeletal muscle after acute & chronic resistance exercise training, detraining & retraining. *Scientific Data*. 2018;5:180213. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.213>
- Jacques M, Hiam D, Craig J, Barrès R, Eynon N, Voisin S. Epigenetic changes in healthy human skeletal muscle following exercise — a systematic review. *Epigenetics*. 2019;14(7):633–48. <https://doi.org/10.1080/15592294.2019.1614416>
- Максименко ЛВ. Эпигенетика как доказательная база влияния образа жизни на здоровье и болезни. *Профилактическая медицина*. 2019;22(2):115–20. Maksimenko LV. Epigenetics as an evidence base of the impact of lifestyle on health and disease. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2019;22(2):115–20 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed201922021115>
- Zhang M, Hu T, Ma T, Huang W, Wang Y. Epigenetics and environmental health. *Frontiers in Medicine*. 2024;18(4):571–96. <https://doi.org/10.1007/s11684-023-1038-2>
- Voisin S, Seale K, Jacques M, Landen S, Harvey NR, Haupt LM, et al. Exercise is associated with younger methyloome and transcriptome profiles in human skeletal muscle. *Aging Cell*. 2024;23(1):e13859. <https://doi.org/10.1111/accel.13859>
- Zheng X, Liu X, Guo Y, Lv Y, Lin C, Wang D, et al. Physical exercise and epigenetic modifications in skeletal muscle, brain, and heart. *Epigenetics Chromatin*. 2025;18(1):12. <https://doi.org/10.1186/s13072-025-00576-8>
- Жолинский АВ, Гришина ЖВ, Кадыкова АИ, Макарова ГА, Деев РВ. Подходы к классификации спортивных дисциплин с учетом их влияния на биохимический профиль спортсмена. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):82–95. Zholinsky AV, Grishina ZhV, Kadykova AI, Makarova GA, Deev RV. Approaches to the classification of sports disciplines, taking into account their influence on the biochemical profile of an athlete. *Sports Medicine: Research and Practice*. 2022;12(2):82–95 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.7>
- Grazioli E, Dimauro I, Mercatelli N, Wang G, Pitsiladis Y, Di Luigi L, et al. Physical activity in the prevention of human diseases: role of epigenetic modifications. *BMC Genomics*. 2017;18(8):802. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-4193-5>
- Fernández Pérez R, Lecumberri-Arteta J, Kulis M, Botta-Orfila T, Rodríguez-Villarrupla A, Yanguas X, et al. Epigenetic signatures, age acceleration, and injury risk in elite female and male soccer players. *Scientific Reports*. 2025;15:41826. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-25784-w>
- Farsetti A, Illi B, Gaetano C. How epigenetics impacts on human diseases. *European Journal of Internal Medicine*. 2023;114:15–22. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2023.05.036>
- Brooke RT, Kocher T, Zauner R, Gordevicius J, Milciute M, Nowakowski K, et al. Epigenetic age monitoring in professional soccer players for tracking recovery and the effects of strenuous exercise. *Aging Cell*. 2025;24:e70182. <https://doi.org/10.1111/accel.70182>
- Ding H, Deng Q, Guo Z. Genetic and epigenetic determinants of injury risk and recovery in elite athletes: toward precision sports medicine. *Gene*. 2026;980:149957. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2025.149957>
- Mavromatis LA, Rosoff DB, Bell AS, Jung J, Wagner J, Lohoff FW. Multi-omic underpinnings of epigenetic aging and human longevity. *Nature Communications*. 2023;14(1):2236. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37729-w>
- Mallett G. The effect of exercise and physical activity on skeletal muscle epigenetics and metabolic adaptations. *European Journal of Applied Physiology*. 2025;125(3):611–27. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05704-6>
- Semenova EA, Hall ECR, Ahmetov II. Genes and athletic performance: The 2023 Update. *Genes*. 2023;14(6):1235. <https://doi.org/10.3390/genes14061235>
- Астратенкова ИВ, Ахметов ИИ, Гольберг НД, Рогозкин ВА. Регуляция метаболизма скелетных мышц эпигенетическими факторами. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2019;105(9):1113–21. Astratenkova IV, Ahmetov II, Golberg ND, Rogozkin VA. Regulation of skeletal muscle metabolism by epigenetic factors. *Russian Journal of Physiology*. 2019;105(9):1113–21 (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0869813919090036>
- Зайцева АО, Аксенов МО. Экспрессия генов как индикатор долговременной адаптации к физическим нагрузкам. *Физическая культура и студенческий спорт*. 2022;1(2):183–8. Zaytseva AO, Aksenov MO. Gene expression as an indicator of long-term adaptation to physical activity. *Physical Education and University Sport*. 2022;1(2):183–8 (In Russ.). <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2022-1-2-183-188>
- Marrouh A, El Haddouchi A, Kartti S, El Fahime E, Bou-tayeb S, Chagar Y, et al. The role of genetic and epigenetic factors in sports-related muscle, bone, and brain injuries. *Science Progress*. 2025;108(4). <https://doi.org/10.1177/00368504251385937>
- Ostaiza-Cardenas J, Tobar AC, Costa SC, Calero DS, Lopez-Carrera A, Bermudez FG, et al. Epigenetic modulation by life-style: advances in diet, exercise, and mindfulness for disease prevention and health optimization. *Frontiers in Nutrition*. 2025;12:1632999. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1632999>
- Etayo-Urtasun P, Sáez de Asteasu ML, Izquierdo M. Effects of exercise on DNA methylation: A systematic review of randomized controlled trials. *Sports Medicine*. 2024;54(8):2059–69. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02033-0>
- Каплун ДС, Калужный ДН, Прохорчук ЕБ, Женило СВ. Метилирование ДНК: распределение в геноме, механизм регуляции и мишень для терапии. *Acta Naturae*. 2022;14(4):4–19. Kaplun DS, Kaluzhny DN, Prokhortchouk EB, Zhenilo SV. DNA Methylation: genomewide distribution, regulatory mechanism and therapy target. *Acta Naturae*. 2022;14(4):4–19 (In Russ.). <https://doi.org/10.32607/actanaturae.11822>
- Barrès R, Yan J, Egan B, Treebak JT, Rasmussen M, Fritz T, et al. Acute exercise remodels promoter methylation in human skeletal muscle. *Cell Metabolism*. 2012;15(3):405–11. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.01.001>
- Seaborne RA, Strauss J, Cocks M, Shepherd S, O'Brien TD, van Someren K, et al. Human skeletal muscle possesses an epigenetic memory of hypertrophy. *Scientific Reports*. 2018;8(1):1898. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20287-3>
- Doenecke D, Albig W, Bode C, Drabent B, Franke K, Gavenis K, et al. Histones: genetic diversity and tissue-specific gene expression. *Histochemistry and Cell Biology*. 1997;107(1):1–10. <https://doi.org/10.1007/s004180050083>
- Chen HP, Zhao YT, Zhao TC. Histone deacetylases and mechanisms of regulation of gene expression. *Critical Reviews in Oncology*. 2015;20(1–2):35–47. <https://doi.org/10.1615/critrevoncog.2015012997>
- Jeppesen J, Kiens B. Regulation and limitations to fatty acid oxidation during exercise. *The Journal of Physiology*.

- 2012;590(5):1059–68.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.225011>
30. Chen M, Zhang C, Tian P, Tan Q, Wei Y, Wang Z, et al. Epigenetic reader ZMYND11 noncanonical function restricts HNRNPA1-mediated stress granule formation and oncogenic activity. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2024;9(1):256.
<https://doi.org/10.1038/s41392-024-01961-7>
31. Maruyama S, Kawano F. Phosphorylation-mimicking histone H3.3 rescues exercise-induced gene responses in an epigenetic aging model of mouse skeletal muscle. *Laboratory Animal Research*. 2025;41(1):25.
<https://doi.org/10.1186/s42826-025-00254-6>
32. Zhang D, Tang Z, Huang H, Zhou G, Cui C, Weng Y, et al. Metabolic regulation of gene expression by histone lactylation. *Nature*. 2019;574(7779):575–80.
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1678-1>
33. Yu X, Yang J, Xu J, Pan H, Wang W, Yu X, et al. Histone lactylation: from tumor lactate metabolism to epigenetic regulation. *International Journal of Biological Sciences*. 2024;20(5):1833–54.
<https://doi.org/10.7150/ijbs.91492>
34. Grieb A, Schmitt A, Fragasso A, Widmann M, Maturana FM, Burgstahler C, et al. Skeletal muscle microRNA patterns in response to a single bout of exercise in females: biomarkers for subsequent training adaptation? *Biomolecules*. 2023;13(6):884.
<https://doi.org/10.3390/biom13060884>
35. Nielsen S, Scheele C, Yfanti C, Akerstrom T, Nielsen AR, Pedersen BK, et al. Muscle specific microRNAs are regulated by endurance exercise in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*. 2010;588(20):4029–37.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.189860>
36. Russell AP, Lamon S, Boon H, Wada S, Guller I, Brown EL, et al. Regulation of miRNAs in human skeletal muscle following acute endurance exercise and short-term endurance training. *The Journal of Physiology*. 2013;591(18):4637–53.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.255695>
37. Baggish AL, Hale A, Weiner RB, Lewis GD, Systrom D, Wang F, et al. Dynamic regulation of circulating microRNA during acute exhaustive exercise and sustained aerobic exercise training. *The Journal of Physiology*. 2011;589(Pt 16):3983–94.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.213363>
38. Gomes CP, Oliveira GP, Madrid B, Almeida JA, Franco OL, Pereira RW. Circulating miR-1, miR-133a, and miR-206 levels are increased after a half-marathon run. *Biomarkers*. 2014;19(7):585–9.
<https://doi.org/10.3109/1354750X.2014.952663>
39. Sieland J, Niederer D, Engeroff T, Vogt L, Trold C, Schmitz-Rixen T, et al. Effects of single bouts of different endurance exercises with different intensities on microRNA biomarkers with and without blood flow restriction: a three-arm, randomized crossover trial. *European Journal of Applied Physiology*. 2021;121(11):3019–36.
<https://doi.org/10.1007/s00421-021-04786-2>
40. Telles GD, Libardi CA, Conceicao MS, Vechin FC, Lixand-rao ME, de Andrade ALL, et al. Time course of skeletal muscle miRNA expression after resistance, high-intensity interval, and concurrent exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2021;53(7):1442–53.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002603>
41. Faraldi M, Gomasasca M, Sansoni V, Perego S, Banfi G, Lombardi G. Normalization strategies differently affect circulating miRNA profile associated with the training status. *Scientific Reports*. 2019;9(1):1584.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-38505-x>
42. Shiotsu H, Okada K, Shibuta T, Kobayashi Y, Shirahama S, Kuroki C, et al. The influence of pre-analytical factors on the analysis of circulating microRNA. *MicroRNA*. 2018;7(3):195–203.
<https://doi.org/10.2174/2211536607666180709143335>
43. Welsh JA, Goberdhan DCI, O'Driscoll L, Buzas EI, Blenkiron C, Bussolati B, et al. Minimal information for studies of extracellular vesicles (MISEV2023): From basic to advanced approaches. *Journal of Extracellular Vesicles*. 2024;13(2):e12404.
<https://doi.org/10.1002/jev2.12404>
44. Habibi P, Alihemmati A, Ahmadiasl N, Fateh A, Anvari E. Exercise training attenuates diabetes-induced cardiac injury through increasing miR-133a and improving pro-apoptosis/anti-apoptosis balance in ovariectomized rats. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 2020;23(1):79–85.
<https://doi.org/10.22038/IJBMS.2019.36731.8750>
45. Horak M, Zlamal F, Iliev R, Kucera J, Cacek J, Svobodova L, et al. Exercise-induced circulating microRNA changes in athletes in various training scenarios. *PLoS One*. 2018;13(1):e0191060.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191060>
46. Zhao J, Song Y, Zeng Y, Chen L, Yan F, Chen A, et al. Improvement of hyperlipidemia by aerobic exercise in mice through a regulatory effect of miR-21a-5p on its target genes. *Scientific Reports*. 2021;11(1):11966.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-91583-8>
47. Stoica VC, Diculescu MM, Mănuc M, Constantinescu I, Gardan IP, Gardan AD. The role of miRNAs and epigenetic factors in non-alcoholic fatty liver disease — a systematic review. *Current Health Sciences Journal*. 2025;51(1):37–52.
<https://doi.org/10.12865/CHSJ.51.01.04>
48. Xu T, Zhou Q, Che L, Das S, Wang L, Jiang J, et al. Circulating miR-21, miR-378, and miR-940 increase in response to an acute exhaustive exercise in chronic heart failure patients. *Oncotarget*. 2016;7(11):12414–25.
<https://doi.org/10.18632/oncotarget.6966>
49. Wang L, Feng J, Feng X, Meng D, Zhao X, Wang J, et al. Exercise-induced circular RNA circUtrn is required for cardiac physiological hypertrophy and prevents myocardial ischaemia-reperfusion injury. *Cardiovascular Research*. 2023;119(16):2638–52.
<https://doi.org/10.1093/cvr/cvad161>
50. Ferraro E, Giammarioli AM, Chiandotto S, Spoletini I, Rosano G. Exercise-induced skeletal muscle remodeling and metabolic adaptation: redox signaling and role of autophagy. *Antioxidants & Redox Signaling*. 2014;21(1):154–76.
<https://doi.org/10.1089/ars.2013.5773>
51. McGee SL, Hargreaves M. AMPK-mediated regulation of transcription in skeletal muscle. *Clinical Science*. 2010;118(8):507–18.
<https://doi.org/10.1042/CS20090533>
52. Hoffman NJ, Parker BL, Chaudhuri R, Fisher-Wellman KH, Kleinert M, Humphrey SJ, et al. Global Phosphoproteomic Analysis of Human Skeletal Muscle Reveals a Network of Exercise-Regulated Kinases and AMPK Substrates. *Cell Metabolism*. 2015;22(5):922–35.
<https://doi.org/10.1016/j.cmet.2015.09.001>
53. Li Q, Liu Q, Lin Z, Lin W, Huang F, Zhu P. Hypomethylation in promoters of PGC-1 α involved in exercise-driven skeletal muscular alterations in old age. *Open Life Sciences*. 2024;19(1):20220959.
<https://doi.org/10.1515/biol-2022-0959>
54. Kong S, Cai B, Nie Q. PGC-1 α affects skeletal muscle and adipose tissue development by regulating mitochondrial biogenesis. *Molecular Genetics and Genomics*. 2022;297(3):621–33.
<https://doi.org/10.1007/s00438-022-01878-2>
55. Yoshida T, Delafontaine P. Mechanisms of IGF-1-Mediated Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy and Atrophy. *Cells*. 2020;9(9):1970.
<https://doi.org/10.3390/cells9091970>
56. Ilyushchenko AK, Matchekhina LV, Melnitskaia AA, Strazhesko ID. Associations of IGF-1 and IGFBP-3 with aging and the development of age-associated diseases. *Advances in Gerontology*. 2024;14(3):118–26.
<https://doi.org/10.1134/S2079057025600041>
57. da Silva Rodrigues G, Noma IHY, Noronha NY, Watanabe LM, da Silva Sobrinho AC, de Lima JGR, et al. Eight weeks of physical training decreases 2 years of DNA methylation age of sedentary women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2024;95(2):405–15.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2023.2228388>
58. Yin L, Cai WJ, Chang XY, Li J, Zhu LY, Su XH, et al. Analysis of PTEN expression and promoter methylation in Uyghur patients with mild type 2 diabetes mellitus. *Medicine*. 2018;97(49):e13513.
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013513>

59. Scheffer DDL, Latini A. Exercise-induced immune system response: Anti-inflammatory status on peripheral and central organs. *Biochimica et Biophysica Acta — Molecular Basis of Disease*. 2020;1866(10):165823.
<https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165823>
60. Tarnowski M, Kopytko P, Piotrowska K. Epigenetic Regulation of Inflammatory Responses in the Context of Physical Activity. *Genes*. 2021;12(9):1313.
<https://doi.org/10.3390/genes12091313>
61. Malkowska P, Sawczuk M. Cytokines as biomarkers for evaluating physical exercise in trained and non-trained individuals: A narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(13):11156.
<https://doi.org/10.3390/ijms241311156>
62. Vargas-Mendoza N, Morales-González Á, Madrigal-Santillán EO, Madrigal-Bujaidar E, Alvarez-Gonzalez I, Garcia-Melo LF, et al. Antioxidant and adaptative response mediated by Nrf2 during physical exercise. *Antioxidants*. 2019;8(6):196.
<https://doi.org/10.3390/antiox8060196>
63. Rönn T, Volkov P, Davegårdh C, Dayeh T, Hall E, Olsson AH, et al. A six months exercise intervention influences the genome-wide DNA methylation pattern in human adipose tissue. *PLoS Genetics*. 2013;9(6):e1003572.
<https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003572>
64. Denham J, O'Brien BJ, Marques FZ, Charchar FJ. Changes in the leukocyte methylome and its effect on cardiovascular-related genes after exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2015;118(4):475–88.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00878.2014>
65. Kawamura T, Higuchi M, Radak Z, Taki Y. Exercise as a geroprotector: focusing on epigenetic aging. *Aging*. 2025;17(6):1–14.
<https://doi.org/10.18632/aging.206278>
66. Maasar MF, Turner DC, Gorski PP, Seaborne RA, Strauss JA, Shepherd SO, et al. The comparative methylome and transcriptome after change of direction compared to straight line running exercise in human skeletal muscle. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:619447.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.619447>
67. D'Souza RF, Bjørnsen T, Zeng N, Aasen KMM, Raastad T, Cameron-Smith D, et al. MicroRNAs in muscle: Characterizing the powerlifter phenotype. *Frontiers in Physiology*. 2017;8:383.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00383>
68. da Silva Rodrigues G, Noronha NY, Noma IHY, de Lima JGR, da Silva Sobrinho AC, de Souza Pinhel MA, et al. 14-Week exercise training modifies the DNA methylation levels at gene sites in non-Alzheimer's disease women aged 50 to 70 years. *Experimental Gerontology*. 2024;186:112362.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2024.112362>
69. Oxfeldt M, Dalgaard LB, Jørgensen EB, Johansen FT, Dalgaard EB, Ortenblad N, et al. Molecular markers of skeletal muscle hypertrophy following 10 wk of resistance training in oral contraceptive users and nonusers. *Journal of Applied Physiology*. 2020;129(6):1355–64.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00562.2020>
70. Whitham M, Parker BL, Friedrichsen M, Hingst JR, Hjort M, Hughes WE, et al. Extracellular vesicles provide a means for tissue crosstalk during exercise. *Cell Metabolism*. 2018;27(1):237–51.e4.
<https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.12.001>
71. Frühbeis C, Helmig S, Tug S, Simon P, Krämer-Albers EM. Physical exercise induces rapid release of small extracellular vesicles into the circulation. *Journal of Extracellular Vesicles*. 2015;4:28239.
<https://doi.org/10.3402/jev.v4.28239>
72. Lisi V, Senesi G, Bertola N, Pecoraro M, Bolis S, Gualerzi A, et al. Plasma-derived extracellular vesicles released after endurance exercise exert cardioprotective activity through the activation of antioxidant pathways. *Redox Biology*. 2023;63:102737.
<https://doi.org/10.1016/j.redox.2023.102737>
73. Kargl CK, Sterczala AJ, Santucci D, Congkright WR, Krajewski KT, Martin BJ, et al. Circulating extracellular vesicle characteristics differ between men and women following 12 weeks of concurrent exercise training. *Physiological Reports*. 2024;12(9):e16016.
<https://doi.org/10.14814/phy2.16016>
74. Fliflet AM, Tan Y, Barnes TM, Vijayan AN, Choi SJ, Deutz MT, et al. Human plasma extracellular vesicles as an exercise mimetic to preserve skeletal muscle plasticity during disuse. *NPJ Microgravity*. 2026.
<https://doi.org/10.1038/s41526-026-00582-4>
75. Silver JL, Alexander SE, Dillon HT, Lamon S, Wadley GD. Extracellular vesicular miRNA expression is not a proxy for skeletal muscle miRNA expression in males and females following acute, moderate intensity exercise. *Physiological Reports*. 2020;8(14):e14520.
<https://doi.org/10.14814/phy2.14520>
76. Williams A, Wadsworth DD, Geetha T. Exercise, epigenetics, and body composition: molecular connections. *Cells*. 2025;14(19):1553.
<https://doi.org/10.3390/cells14191553>
77. Dragčević D, Perinović Jozić H, Jozić T, Galic S. Athlete biological passport: longitudinal biomarkers and statistics in the fight against doping. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 2024;75(1):24–31.
<https://doi.org/10.2478/aiht-2024-75-3793>
78. Sessa F, Salerno M, Di Mizio G, Bertozzi G, Messina G, Tomaiuolo B, et al. Anabolic androgenic steroids: searching new molecular biomarkers. *Frontiers in Pharmacology*. 2018;9:1321.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01321>
79. Durussel J, Haile DW, Mooses K, Daskalaki E, Beattie W, Mooses M, et al. Blood transcriptional signature of recombinant human erythropoietin administration and implications for antidoping strategies. *Physiological Genomics*. 2016;48(3):202–9.
<https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00108.2015>
80. Wilkin T, Hamilton NA, Cawley AT, Bhat S, Baoutina A. Towards a robust test to detect gene doping for anabolic enhancement in human athletes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(5):2570.
<https://doi.org/10.3390/ijms25052570>

Дополнительная информация. На сайте журнала «Экстремальная биомедицина» размещен глоссарий ключевых генов и микроРНК.

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-467-annex>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. А.И. Кадыкова — определение концепции, визуализация; Е.Д. Копылов — пересмотр и редактирование рукописи; Н.С. Гладышев — написание черновика рукописи; Р.В. Деев — руководство исследованием; А.В. Жолинский — администрирование проекта.

Об авторах:

Кадыкова Анастасия Игоревна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2996-6194>

Копылов Евгений Дмитриевич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9927-5608>

Гладышев Никита Сергеевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-5676>

Деев Роман Вадимович, канд. мед. наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8389-3841>

Жолинский Андрей Владимирович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-549>

УДК 796.015.68



МАРКЕРЫ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ СПОРТСМЕНОВ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ф.А. Мавлиев^{1✉}, А.Ш. Абдрахманова², В.Р. Карфик¹, Т.В. Сабилов¹, Ф.Р. Зотова^{1,3}

¹ Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

² Республиканская спортивная школа олимпийского резерва по фехтованию, Казань, Россия

³ Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

Введение. Состояние перетренированности у спортсменов представляет собой дезадаптацию функциональных систем организма, следствием которой является снижение работоспособности. Отсутствие единой методики оценки перетренированности и однозначных маркеров для его определения приводит к противоречивости результатов исследований, что обуславливает необходимость разработки надежных и валидных методов и маркеров диагностики данного состояния.

Цель. Оценка согласованности результатов исследований маркеров перетренированности спортсменов.

Методы. Проведен систематический обзор 1976 публикаций, из которых было отобрано 22 полнотекстовых исследования за 2006–2026 гг. с помощью поисковой системы Google Scholar, а также в библиографических базах PubMed/MEDLINE, РИНЦ/eLIBRARY, КиберЛенинка. Синтез данных был выполнен по методике «синтез без метаанализа» (SWim) с использованием метода подсчета голосов (Vote Counting) и графиков направления эффекта (Effect Direction Plot). Риск систематической ошибки оценивали по шкале Risk Of Bias In Non-randomized Studies — of Interventions (ROBINS-I). Достоверность доказательств оценивали по методологии GRADE.

Результаты. Проанализировано 30 маркеров, сгруппированных в 5 групп: биохимические и эндокринные, физиологические, психометрические и субъективные, морфологические, молекулярно-генетические и иммунологические маркеры. Полная согласованность (100%) отмечена для психометрических и субъективных шкал (опросник профиля состояний настроения (POMS) — 6 из 6 исследований, опросник восстановления-стресса для спортсменов (RESTQ-Sport) — 3 из 3 исследований, показатель воспринимаемого напряжения (RPE) — 3 из 3 исследований). Согласованность ряда маркеров была достигнута только по одному исследованию ($n = 1$ для 11 маркеров из 30) либо в рамках одного исследовательского проекта (проект EROS, $n = 3$ для показателей «скелетно-жировая масса» и «базальный метаболизм», $n = 2$ для показателя «нейтрофилы/лимфоциты»), что снижает возможность обобщения выводов. Изолированные маркеры продемонстрировали меньшую согласованность по сравнению с комбинированными индексами: кортизол — 4 из 9 исследований (44,4%), креатинфосфокиназа — 3 из 4 (75%), тестостерон — 5 из 8 (62,5%), лактат при нагрузке — 3 из 4 (75%), максимальное потребление кислорода — 1 из 3 (33,3%). Среди комбинированных индексов наибольшую согласованность показали: индекс анаболизма — 4 из 5 (80%) и отношение частоты сердечных сокращений к уровню лактата ($\text{ЧСС}_{\text{макс}}/\text{лактат}_{\text{макс}}$) — 4 из 4 (100%). По уровню риска систематической ошибки исследования распределились так: 81,8% — умеренный риск, 13,6% — высокий, 4,5% — низкий. Уровень достоверности маркеров был оценен достаточно низко (умеренный — 40%, низкий — 30%, очень низкий — 30%) из-за этических ограничений (рассматривались наблюдательные исследования), малых выборок и неконтролируемых факторов.

Выводы. Полученные данные показывают потенциальную ценность маркеров для диагностирования состояния перетренированности, но ряд факторов требует сдержанной интерпретации: ограниченная достоверность по GRADE, недостаточное число исследований в случае отдельных маркеров, а также получение части данных в одном и том же единственном проекте. Для выявления состояния перетренированности необходим комплексный подход, позволяющий учесть дезадаптационные изменения в работе функциональных систем организма. Для раннего выявления в полевых условиях признаков перетренированности могут быть применены психометрические и скоростно-силовые тесты, в лабораторных условиях для более глубокой и точной оценки целесообразно применять комбинированные индексы. Дальнейшие исследования должны быть связаны со стандартизацией диагностических протоколов, проведением проспективных исследований с большей выборкой, участием женщин, спортсменов элитного уровня, а также оценкой диагностической точности маркеров с учетом вклада внешних факторов (режим сна, психоэмоциональный стресс, характер питания).

Ключевые слова: маркеры; перетренированность; синдром перетренированности; спортсмены; индекс анаболизма; ЧСС/лактат; POMS; RESTQ-Sport; дезадаптация; функциональные тесты; мониторинг

Для цитирования: Мавлиев Ф.А., Абдрахманова А.Ш., Карфик В.Р., Сабилов Т.В., Зотова Ф.Р. Маркеры перетренированности спортсменов: систематический обзор и оценка согласованности результатов исследований. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):346–358. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-549>

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Академии наук Республики Татарстан по проекту № 26-25-20055.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы указывают на отсутствие конфликта интересов.

Использование инструментов ИИ. Во время подготовки рукописи авторы использовали NotebookLM для литературного и грамматического редактирования текста. После применения данного инструмента авторы просмотрели и отредактировали текст и берут на себя полную ответственность за содержание рукописи.

✉ Мавлиев Фанис Азгатович Fanis16rus@mail.ru

Статья поступила: 06.07.2026 **После доработки:** 30.07.2026 **Принята к публикации:** 11.08.2026 **Online first:** 01.09.2026

OVERTRAINING MARKERS IN ATHLETES: A SYSTEMATIC REVIEW AND ASSESSMENT OF STUDY CONSISTENCY

Fanis A. Mavliev^{1✉}, Adelia Sh. Abdrakhmanova², Vladislav R. Karfik¹, Timur V. Sabirov¹, Firuza R. Zotova^{1,3}

¹Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

²Republican Sports School of Olympic Reserve in Fencing, Kazan, Russia

³Kazan Medical University, Kazan, Russia

Introduction. Athletic overtraining represents a maladaptation of the body's functional systems that leads to decreased performance. The evaluation of this state is hindered by the lack of a unified assessment framework and definitive markers, resulting in inconsistent research findings. This ambiguity underscores the need to develop reliable and valid diagnostic tools.

Objective. To assess the consistency of research findings on overtraining markers in athletes.

Methods. A systematic review of 1976 publications was conducted; a total of 22 full-text studies published between 2006 and 2026 were selected using the Google Scholar search engine, as well as the PubMed/MEDLINE, RSCI/eLIBRARY, and CyberLeninka bibliographic databases. Data synthesis was guided by the Synthesis Without Meta-Analysis (SWiM) approach, incorporating the vote-counting method and effect direction plots. The risk of bias was assessed using the Risk of Bias in Non-randomized Studies — of Interventions (ROBINS-I) tool. The certainty of evidence was evaluated according to the GRADE methodology.

Results. Thirty markers were analyzed and grouped into five categories: biochemical and endocrine, physiological, psychometric and subjective, morphological, and molecular genetic and immunological markers. Full consistency (100%) was observed for psychometric and subjective scales: the Profile of Mood States questionnaire (POMS; 6/6 studies), the Recovery Stress Questionnaire for Athletes (RESTQ-Sport; 3/3 studies), and the rating of perceived exertion (RPE; 3/3 studies). The consistency scores for several markers were derived only from a single study ($n = 1$ for 11/30 markers) or a single research project (the EROS project: $n = 3$ for skeletal muscle and fat mass and basal metabolism; $n = 2$ for the neutrophil-to-lymphocyte ratio), which limits the generalizability of the conclusions. Isolated markers demonstrated lower consistency compared to composite metrics: 44.4% for cortisol (4/9 studies), 75% for creatine kinase (3/4 studies), 62.5% for testosterone (5/8 studies), 75% for lactate during exercise (3/4 studies), and 33.3% for maximal oxygen uptake (1/3 studies). Among the composite metrics, the highest consistency was observed for the anabolic index (4/5 studies; 80%) and the ratio of maximal heart rate to maximal lactate level (4/4 studies; 100%). In terms of the risk of bias, 81.8% of studies showed a moderate risk, 13.6% a high risk, and 4.5% a low risk. The certainty of evidence for the markers was assessed as relatively low (moderate: 40%; low: 30%; very low: 30%) due to ethical constraints (restricting research to observational designs), small sample sizes, and uncontrolled factors.

Conclusions. While the findings indicate the potential value of these markers for diagnosing overtraining, a cautious interpretation is advised due to the limited GRADE certainty, the insufficient number of studies for certain markers, and the fact that some data were derived from a single research project. Identifying overtraining requires a comprehensive approach that accounts for maladaptive changes in the body's functional systems. Psychometric and speed-strength tests can be applied for the early detection of overtraining signs in field conditions; in laboratory settings, composite metrics are advisable for a more in-depth and precise assessment. Further research should focus on standardizing diagnostic protocols, conducting prospective studies with larger sample sizes, recruiting female athletes and elite-level athletes, and evaluating the diagnostic accuracy of markers while accounting for the influence of external factors (sleep patterns, psychological stress, and dietary habits).

Keywords: markers; overtraining; overtraining syndrome; athletes; anabolic index; HR/lactate; POMS; RESTQ-Sport; maladaptation; functional tests; monitoring

For citation: Mavliev F.A., Abdrakhmanova A.Sh., Karfik V.R., Sabirov T.V., Zotova F.R. Overtraining markers in athletes: A systematic review and assessment of study consistency. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):346–358. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-549>

Funding. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Tatarstan Academy of Sciences (Project No. 26-25-20055).

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Use of AI tools. During the manuscript preparation, the authors used NotebookLM for literary and grammatical editing of the text. After applying this tool, the authors reviewed and revised the text and assume full responsibility for the manuscript's content.

✉ Fanis A. Mavliev Fanis16rus@mail.ru

Received: 6 July 2026 **Revised:** 30 July 2026 **Accepted:** 11 Aug. 2026 **Online first:** 1 Sep. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Процесс адаптации спортсмена к спортивной деятельности и формирования должной спортивной формы протекает лишь в условиях воздействия физических нагрузок, которые существенно нагружают функциональные системы организма. Чрезмерные нагрузки могут приводить к истощению функциональных систем и, как следствие, к дезадаптации [1]. В связи с этим для достижения высоких спортивных результатов необходимо соблюдать баланс между внешней нагрузкой и возможностями функциональных систем. В научной литературе состояния, вызываемые чрезмерными

нагрузками, которые выше функциональных возможностей организма, принято разделять на несколько категорий:

- функциональное перенапряжение — кратковременное (около 2 недель) снижение результативности, вследствие которого формируется долговременная адаптация и улучшаются результаты;
- нефункциональное перенапряжение — снижение работоспособности, длящееся до 3–4 недель, которое не приводит к положительным адаптационным изменениям;
- синдром перетренированности — снижение работоспособности на более чем 3–4 недели,

сопровожающееся прекращением роста спортивных результатов [2, 3].

Y.I. Brel и соавт. отмечают, что применение термина «синдром» по отношению к состоянию перетренированности обусловлено его многофакторной природой. Среди ключевых факторов выделяют чрезмерную физическую нагрузку, а также индивидуальные особенности спортсмена — в том числе биологические, нейрохимические и гормональные [4]. Разница между перенапряжением и синдромом перетренированности, по мнению авторов, заключается во времени, необходимом для восстановления работоспособности, а не в продолжительности самой нагрузки [4].

На сегодняшний день не существует единой методики ранней диагностики перетренированности спортсменов. Исследователи отмечают, что синдром перетренированности может рассматриваться только ретроспективно, так как для развития этого состояния требуется определенное время. При этом целенаправленная провокация такого состояния недопустима — это неэтично по отношению к спортсмену, который стремится достичь высоких результатов [5].

Результаты как ретроспективных, так и одномоментных исследований, связанных с изучением состояния перетренированности, нередко противоречат друг другу — это связано с различиями в применяемых методах, используемых маркерах, а также характеристиках исследуемой группы спортсменов. Для выявления диагностически информативных маркеров перетренированности с учетом методологической неоднородности в имеющихся исследованиях необходимо провести оценку частоты встречаемости используемых методов и маркеров, а также согласованности их проявлений при перетренированности.

Ранее опубликованные систематические обзоры по проблеме перетренированности спортсменов были сфокусированы на отдельных аспектах: биомаркерах и инструментах диагностики [2], физиологических и психологических изменениях [5], когнитивных нарушениях у элитных спортсменов [6], вариабельности сердечного ритма у футболистов [7] и гормональных биомаркерах [8]. Настоящее исследование направлено на комплексный анализ согласованности результатов исследований по основным категориям маркеров перетренированности (биохимические и эндокринные, физиологические, психометрические, морфологические, молекулярно-генетические и иммунологические).

Цель работы — оценка согласованности результатов исследований маркеров перетренированности спортсменов.

МЕТОДЫ

Систематический обзор был подготовлен в соответствии с принципами PRISMA¹ [6]. Протокол исследования не был предварительно зарегистрирован в реестре систематических обзоров.

Стратегия поиска литературы. Поиск литературы проводили с помощью поисковой системы

Google Scholar, а также в библиографических базах PubMed/MEDLINE, РИНЦ (eLIBRARY), КиберЛенинка по всем исследованиям, опубликованным с 01.01.2006 по 18.05.2026 на русском и английском языках, с использованием поисковых запросов:

- eLIBRARY и КиберЛенинка — «перетренированность спортсменов» ИЛИ «методы оценки перетренированности» ИЛИ «мониторинг перетренированности» ИЛИ «диагностика перетренированности» ИЛИ «синдром перетренированности»;
- PubMed и Google Scholar — «overtraining in athletes» ИЛИ «overtraining» ИЛИ «monitoring overtraining in athletes» ИЛИ «diagnosing overtraining in athletes» ИЛИ «overtraining syndrome» ИЛИ «overtraining effects».

Критерии включения в систематический обзор были установлены на основе требований дизайна PICOS (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study, Design)²:

- участники — спортсмены в возрасте от 17 лет;
- вмешательство — маркеры, методы, показатели, инструменты оценки перетренированности спортсменов;
- сравнение — оценка до и после тренировки, во время тренировки;
- результат — полученные показатели;
- дизайн исследования — рандомизированные контролируемые, когортные, лонгитюдные, одномоментные оригинальные исследования на русском или на английском языке.

Критерии исключения:

- статья опубликована раньше 01.01.2006;
- в исследовании рассматривались животные или неспортсмены;
- не указаны данные об оценке перетренированности;
- нет доступа к полному тексту статьи.

Применение критериев включения/исключения осуществлялось на всех этапах отбора: на этапе скрининга названий и аннотаций, затем при анализе полных текстов статей. В случаях, когда в аннотации отражалась неполная информация, проводился скрининг полной версии статьи.

Процедура выбора исследований. Два автора независимо друг от друга рассматривали все названия и аннотации в определенных заранее базах данных на предмет соответствия критериям включения/исключения. Статьи-дубликаты и не соответствующие критериям включения исследования были удалены. На втором этапе два автора независимо друг от друга извлекали полные тексты статей и проверяли их на соответствие критериям включения/исключения. Не соответствующие критериям включения статьи не были включены в дальнейшее рассмотрение. При наличии расхождений или в случае частичного соответствия публикации критериям включения для решения вопроса о включении публикации в исследование привлекался третий автор и решение принималось тремя голосами. Для минимизации риска публикационного смещения анализ включал исследования как с положительными, так и с отрицательными результатами.

¹ Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *PLoS Medicine*. 2021;18(3):e1003583. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>

² Methley AM, Campbell S, Chew-Graham C, McNally R, Cheraghi-Sohi S. PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. *BMC Health Services Research*. 2014;14:579. <https://doi.org/10.1186/s12913-014-0579-0>

Синтез исследований. Работа была выполнена в соответствии с рекомендациями руководства «Синтез без метаанализа (SWiM) в систематических обзорах»³. Ввиду невозможности проведения метаанализа (различия в дизайне исследований, исследуемых видах спорта) был использован метод подсчета голосов (Vote Counting) с оценкой направления эффекта (статистически значимо при $p < 0,05$; статистически незначимо при $p > 0,05$). Для каждого маркера фиксировалось статистически значимое ($p < 0,05$) направление изменений (повышение, снижение или отсутствие). Согласованность определялась как доля исследований, в которых зафиксировано однонаправленное статистически значимое изменение маркера при развитии перетренированности, от общего числа исследований, оценивавших данный маркер. Исследования, в которых изменения были статистически незначимыми ($p > 0,05$) учитывались как «отсутствие эффекта». При подсчете количества направлений эффектов исследования с различными объемами выборки учитывались с равным весом. Данное методологическое ограничение характерно для Vote Counting и было учтено при интерпретации данных.

Для оценки гетерогенности результатов проводили качественный анализ: сравнивали направления эффектов по каждому маркеру, при их расхождении проводили анализ возможных причин. Оценка риска систематической ошибки была проведена с использованием инструмента ROBINS-I для нерандомизированных исследований⁴. Отобранные статьи были сгруппированы по типу диагностического метода для оценки информативности каждой из категорий: биохимические и эндокринные маркеры, физиологические маркеры, психометрические и субъективные показатели, морфологические маркеры, молекулярно-генетические и иммунологические маркеры. В случаях, когда одно исследование включало в себя данные по нескольким категориям, его результаты были включены в каждую из них. Для оценки достоверности доказательств для каждого маркера использовался подход GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation)⁵. Учитывали 5 факторов, которые могли привести к снижению достоверности: риск систематической ошибки, несогласованность, косвенные доказательства, риск публикационной ошибки, неточность. Визуализацию направлений информативности используемых методов выполняли с помощью графика направления эффекта — Effect Direction Plot⁶.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Процесс отбора статей представлен на рисунке. Первоначально было выявлено 1976 статей, из которых после удаления дубликатов и исследований, не соответствующих критериям включения, было отобрано 172 статьи. Всем критериям включения из этих

172 статей соответствовали 22 полнотекстовые статьи, которые и были включены в данное исследование (табл. 1).

При интерпретации выводов учитывали ограниченный объем данных по отдельным маркерам. Важно отметить, что среди исследований, включенных в обзор, не было рандомизированных клинических исследований. Оценка риска систематической ошибки по шкале ROBINS-I показала следующее распределение: из 22 исследований 18 (81,8%) характеризовались умеренным риском, 3 (13,6%) — высоким и 1 (4,5%) — низким. Кроме того, в 10 исследованиях (45,5% от общего числа) выявлен умеренный риск предвзятости из-за влияния дополнительных мешающих факторов. Это связано с тем, что в работах недостаточно учитывались или корректировались внешние воздействия — дефицит энергии и нарушения питания, психосоциальный стресс, проблемы со сном, а также скрытые заболевания. Еще в 3 исследованиях (13,6%) зафиксирован высокий риск по этому критерию.

В связи с этим к результатам следует подходить с осторожностью: указанные внешние факторы способны влиять на ряд показателей — в частности, на уровень кортизола и субъективные ощущения спортсменов.

Анализ динамики маркеров перетренированности (табл. 2) показал согласованное направление изменений для большинства маркеров при наступлении состояния перетренированности: наблюдалось снижение максимальной частоты сердечных сокращений ($\text{ЧСС}_{\text{макс}}$), ухудшение эмоционального состояния и настроения, выявленное по опроснику POMS, снижение мышечной массы. Важно отметить, что согласованность этих результатов не зависит от длительности наблюдения. Среди рассматриваемых работ можно выделить три группы исследований, различающихся по продолжительности: краткосрочные исследования (1–10 сут), выполненные с использованием протокола комплексного обследования; среднесрочные (3–14 нед.) — комплексные обследования с фиксацией динамики показателей перетренированности; долгосрочные и ретроспективные исследования (3 мес. — 14 лет), рассматривающие развивающиеся процессы на фоне хронического состояния. Длительность исследований позволяет диагностировать в первой группе состояние функционального перенапряжения, во второй — нефункциональное перенапряжение, в третьей — синдром перетренированности.

Синтез результатов и диагностическая информативность маркеров. На основании анализа отобранных статей все маркеры перетренированности были распределены на 5 групп в соответствии с их физиологической принадлежностью (табл. 3). С помощью метода Vote Counting была определена согласованность 30 маркеров перетренированности спортсменов. Хотя данный показатель не является прямой характеристикой диагностической информативности

³ Campbell M, McKenzie JE, Sowden A, Katikireddi SV, Brennan SE, Ellis S, et al. Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: reporting guideline. *BMJ*. 2020;368:l6890. <https://doi.org/10.1136/bmj.l6890>

⁴ Sterne JAC, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: A tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*. 2016;355:i4919. <https://doi.org/10.1136/bmj.i4919>

⁵ Schünemann HJ, Brennan S, Akl EA, Mustafa RA, Langendam M, Dahm P. The development methods of official GRADE articles and requirements for claiming the use of GRADE-A statement by the GRADE guidance group. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2023;159:79–84. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2023.05.010>

⁶ Thompson HJ, Thomas S. The effect direction plot: visual display of non-standardised effects across multiple outcome domains. *Research Synthesis Methods*. 2013;4:95–101. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1060>



Рисунок подготовлен авторами

Рис. Алгоритм отбора публикаций по теме «Маркеры перетренированности спортсменов»

Таблица 1. Риск систематической ошибки включенных в систематический обзор исследований «Маркеры перетренированности спортсменов»

Исследования	Домены							
	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Итог
Е. Varlet-Marie и соавт., 2006 [3]	♦	♦	•	•	•	•	•	♦
А.Н. Будко, И.Л. Рыбина, 2016 [9]	♦	♦	•	•	•	•	•	♦
К.Э. Аллахярова и соавт., 2017 [10]	▲	♦	•	•	•	•	•	▲
R.L. Buchwald и соавт., 2025 [11]	♦	♦	•	•	•	•	•	♦
Y. Kajaia и соавт., 2017 [12]	♦	♦	•	•	•	•	•	♦
C.C. Grant и соавт., 2012 [13]	♦	♦	•	•	•	•	•	♦
A.M. Ranahan и соавт., 2025 [14]	▲	♦	•	•	♦	•	•	▲
I.G. Fatouros и соавт., 2006 [15]	♦	♦	•	•	•	•	•	♦
F. Noce и соавт., 2014 [16]	♦	♦	•	•	•	•	•	♦
F.A. Cadegiani и соавт., 2018 [17]	•	♦	•	•	•	•	•	♦

Продолжение таблицы 1

Исследования	Домены							
	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Итог
F.A. Cadegiani и соавт., 2017 [18]	●	◆	●	●	●	●	●	◆
F.A. Cadegiani и соавт., 2018 [19]	●	◆	●	●	●	●	●	◆
F.A. Cadegiani и соавт., 2019 [20]	●	◆	●	●	●	●	●	◆
F.A. Cadegiani и соавт., 2019 [21]	●	◆	●	●	●	●	●	◆
L.H.S. Fagundes и соавт., 2021 [22]	◆	◆	●	●	●	●	●	◆
D.R. Slivka и соавт., 2010 [23]	●	◆	●	●	◆	●	●	◆
T. Anderson и соавт., 2016 [24]	●	◆	●	●	●	●	●	◆
J. Nicoll и соавт., 2019 [25]	◆	●	●	●	●	◆	●	◆
Y. Tian и соавт., 2013 [26]	◆	●	●	●	●	◆	●	◆
M. Kargarfard и соавт., 2018 [27]	●	◆	●	●	●	●	●	◆
B.A. Gasser и соавт., 2022 [28]	▲	●	●	●	●	●	●	▲
Y.L. Le Meur и соавт., 2013 [29]	●	●	●	●	●	●	●	●

Таблица составлена авторами по данным источников [3, 9–29]

Примечание. Домены: Д1 — предвзятость конфаундинга; Д2 — ошибка отбора участников исследования; Д3 — ошибка классификации воздействия; Д4 — предвзятость из-за отклонений во вмешательствах; Д5 — ошибка пропуска данных; Д6 — предвзятость из-за ошибки измерения результатов; Д7 — предвзятость в представлении результатов; ● — низкий риск, ◆ — умеренный риск, ▲ — высокий риск.

Таблица 2. Динамика маркеров перетренированности

Авторы, год публикации, источник	Количество участников (вид спорта)	T	K	ИА	POMS	BPC	Иные показатели
E. Varlet-Marie и соавт., 2006 [3]	48 (спортсмены)	—	—	—	—	—	Вязкость плазмы↑, гематокрит↑, агрегация эритроцитов↑, шкала SFMS↑
A.H. Будко, И.Л. Рыбина, 2016 [9]	10 (конькобежный спорт)	↓	↑	↓	—	—	КФК↑, АСТ↑, индекс КФК/АСТ↑
К.Э. Аллахярова и соавт., 2017 [10]	102 (кикбоксинг)	↓	↑	↓	—	—	ЧСС _{покой} ↑
R.L. Buchwald и соавт., 2025 [11]	110 (спортсмены) 447 (неспортсмены)	—	—	—	—	—	МПК↓, лактат _{макс} ↓, ЧСС _{макс} ↓, ЧСС _{макс} /лактат _{макс} ↓
Y. Kajaia и соавт., 2017 [12]	348 (спортсмены) 35 (неспортсмены)	—	—	—	—	↓	Индекс напряжения↑
C.C. Grant и соавт., 2012 [13]	29 (бег на длинные дистанции)	—	—	—	↓	—	TMD↑, энергичность↓
A.M. Ranahan и соавт., 2025 [14]	10 (бег на длинные дистанции)	—	—	—	—	—	Толерантность к глюкозе↓, вариабельность глюкозы↑, лактат _{макс} ↓, ЧСС _{макс} /лактат _{макс} ↓, мощность↓, субъективное самочувствие↓
I.G. Fatouros I.G. и соавт., 2006 [15]	111 (бег на длинные дистанции, кроссфит)	—	—	—	↓	—	Максимальная сила↓, внеклеточная ДНК↑, С-реактивный белок↑, КФК↑, мочевина↑
F. Noce и соавт., 2014 [16]	24 (дзюдо)	—	—	—	—	—	RESTQ-Sport↓, усталость↓, успех↓

Авторы, год публикации, источник	Количество участников (вид спорта)	T	K	ИА	POMS	BPC	Иные показатели
F.A. Cadegiani и соавт., 2018 [17]	39 (силовые виды спорта и спорт на выносливость)	—	—	—	↓	—	MM↓, BMR↓, потребление калорий и углеводов↓, количество сна↓
F.A. Cadegiani и соавт., 2017 [18]	51 (спортсмены)	—	↓	—	—	—	Гипоответ оси HPA (инсулин-толерантный тест), АКГГ↓
F.A. Cadegiani и соавт., 2018 [19]	51 (спортсмены)	—	—	—	—	—	СТГ↓, пролактин↓
F.A. Cadegiani и соавт., 2019 [20]	51 (спортсмены)	↓	↓	—	↓	—	Нейтрофилы/лимфоциты↓, тестостерон/эстрадиол↓, КФК↑, BMR↓, MM↓
F.A. Cadegiani и соавт., 2019 [21]	43 (спортсмены)	↓	↓	—	↓	—	MM↓, окисление жиров↓, эстрадиол↑, норадреналин↑, дофамин↑, BMR↓, лактат↑, нейтрофилы↓, потребление калорий и углеводов↓, качество сна↓, нейтрофилы/лимфоциты↓
L.H.S. Fagundes и соавт., 2021 [22]	32 (футбол)	—	—	—	—	—	Внутренняя мотивация↓, RESTQ-Sport↓
D.R. Slivka и соавт., 2010 [23]	8 (велосипедный спорт)	↔	↔	↔	↓	—	Энергичность↓, IgA↔
T. Anderson и соавт., 2016 [24]	20 (американский футбол)	↓	↑	↓	—	—	ИЛ-6↑, кортизол↑, RESTQ-Sport↑
J. Nicoll и соавт., 2019 [25]	16 (бег на средние дистанции)	↔	↓	—	—	—	AP↓, мощность↓, сила↔, MAP-киназа p38↑, JNK↑
Y. Tian и соавт., 2013 [26]	114 (борьба)	—	—	—	—	↓	SDNN и RMSSD↓ — при поздней стадии перетренированности, SDNN и RMSSD↑ — при ранней стадии перетренированности
M. Kargarfard и соавт., 2018 [27]	30 (футбол)	↑	↑	↓	—	—	Опросник SFMS↑
B.A. Gasser и соавт., 2022 [28]	5 (спортивное ориентирование)	—	—	—	—	—	ЧСС _{макс} ↓, ЧСС _{макс} /лактат _{макс} ↓, скорость↓, МПК↔, лактат _{макс} ↔, Опросник SFMS↑
Y.L. Le Meur и соавт., 2013 [29]	24 (триатлон)	—	—	—	—	—	Лактат _{макс} ↓, ЧСС _{макс} ↓, ЧСС _{макс} /лактат _{макс} ↓, RPE↑, КФК↔, МПК↔, максимальная скорость↓

Таблица составлена авторами по данным источников [3, 9–29]

Примечание. ↑ — повышение со статистической значимостью $p < 0,05$; ↓ — снижение со статистической значимостью $p < 0,05$; ↔ — статистически значимые изменения ($p < 0,05$) без выраженного направления (для комплексных параметров), для единичных параметров — без изменений; «—» — не изучалось; АСТ — аспартатаминотрансфераза; ЧСС — частота сердечных сокращений; ЧСС_{покой} — частота сердечных сокращений в покое; ЧСС_{макс} — максимальная частота сердечных сокращений; BPC — вариабельность ритма сердца; лактат_{макс} — максимальная концентрация лактата при тестовой нагрузке; ЧСС_{макс}/лактат_{макс} — соотношение максимальной частоты сердечных сокращений к максимальной концентрации лактата при тестовой нагрузке; MM — мышечная масса; КФК — креатинфосфокиназа; T — тестостерон; K — кортизол; ИЛ-6 — интерлейкин-6; AP — андрогеновые рецепторы; JNK — белок, отвечающий за реакцию на механическое напряжение; SFMS — опросник Французского общества спортивной медицины; HPA-ось — гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось; АКГГ — адренокортикотропный гормон; АСТ — аспартатаминотрансфераза; СТГ — соматотропный гормон; TMD — общий балл нарушений настроения; МПК — максимальное потребление кислорода; ИА — индекс анаболизма; BMR — базальный метаболизм; POMS — профиль состояний настроения; RESTQ-Sport — опросник для оценки восстановительного стресса у спортсменов; RPE — шкала воспринимаемого напряжения; MAP-киназа p38 — протеинкиназы, активируемые митогеном p38; JNK — c-Jun N-концевые киназы; RMSSD (Root Mean Square of Successive Difference) — среднеквадратичное значение последовательных разностей; SDNN (Standard Deviation of Normal-to-Normal Intervals) — общая изменчивость интервалов между последовательными нормальными сердечными сокращениями.

Таблица 3. Согласованность результатов исследований по маркерам перетренированности у спортсменов

Категория маркера	Наименование маркера	Уровень достоверности по GRADE	Количество публикаций (согласованность, %)	Изменение показателя
Биохимические и эндокринные	Тестостерон (общий)	Низкий	8 (62,5%)	Снижение показателя
	Эстрадиол	Умеренный	2 (100%)	Повышение показателя
	Креатинфосфокиназа	Очень низкий	4 (75%)	Повышение показателя при повреждении мышц
	Лактат при нагрузке	Умеренный	4 (75%)	Снижение показателя
	Индекс анаболизма	Низкий	5 (80%)	Снижение показателя более чем на 30%
	АСТ	Очень низкий	1 (100%)	Повышение показателя
	АКТГ	Умеренный	1 (100%)	Снижение базального уровня и выброса в ответ на стимуляцию инсулином
	Соматотропный гормон и пролактин	Умеренный	1 (100%)	Снижение базальных уровней, практически полное отсутствие их нормального подъема
	Кортизол	Очень низкий	9 (44,4%)	Повышение показателя
	Мочевина и С-реактивный белок	Очень низкий	1 (100%)	Повышение показателей
	Гематокрит, вязкость плазмы, агрегация эритроцитов	Низкий	1 (100%)	Повышение показателей и снижение текучести крови
	Средняя амплитуда гликемических колебаний; время пребывания в состоянии гипергликемии	Умеренный	1 (100%)	Увеличение вариабельности и времени пребывания в состоянии гипергликемии
Физиологические	Максимальное потребление кислорода	Очень низкий	3 (33,3%)	Снижение показателя
	ЧСС _{макс}	Умеренный	5 (100%)	Снижение показателя
	Вариабельность ритма сердца	Умеренный	2 (100%)	Снижение показателей RMSSD и SDNN
	Скоростно-силовые тесты	Очень низкий	5 (100%)	Снижение скорости, силы и аэробной мощности
	Индекс ЧСС _{макс} /лактат _{макс}	Умеренный	4 (100%)	Снижение ЧСС _{макс} и уровня лактата при выполнении упражнений «до отказа»
Психометрические и субъективные	POMS	Умеренный	6 (100%)	Рост депрессии и усталости
	RESTQ-Sport	Умеренный	3 (100%)	Снижение показателей по шкалам восстановления
	Шкала SFMS	Умеренный	3 (100%)	Повышение общего балла
	Шкала RPE	Умеренный	1 (100%)	Повышение показателя
	Потребление калорий	Низкий	2 (100%)	Снижение показателя
	Качество сна	Низкий	2 (100%)	Снижение качества и продолжительности сна

Категория маркера	Наименование маркера	Уровень достоверности по GRADE	Количество публикаций (согласованность, %)	Изменение показателя
Морфологические	Скелетно-жировая масса	Низкий	3 (100%)	Повышение доли жира при снижении мышечной составляющей и дефиците энергии
	Базальный метаболизм	Низкий	3 (100%)	Снижение скорости обмена веществ в покое и подавление способности организма сжигать жиры
Молекулярно-генетические и иммунологические	Внеклеточная ДНК (в плазме)	Низкий	1 (100%)	Концентрация ДНК плазме крови увеличивается пропорционально тренировочной нагрузке
	Нейтрофилы/лимфоциты	Низкий	2 (100%)	Снижение числа нейтрофилов и рост лимфоцитов
	Интерлейкин-6 (в слюне)	Очень низкий	1 (100%)	Повышение уровня показателя
	Андрогеновые рецепторы	Очень низкий	1 (100%)	Снижение общего количества рецепторов в мышечной ткани
	Протеинкиназы, активируемые митогеном p38; c-Jun N-концевые киназы	Очень низкий	1 (100%)	Уровень фосфорилирования в покое значительно увеличивается

Таблица составлена авторами по данным источников [3, 9–29]

Примечание. ЧСС_{макс}/лактат_{макс} — соотношение максимальной частоты сердечных сокращений к максимальной концентрации лактата при тестовой нагрузке; внеклеточная ДНК — фрагменты дезоксирибонуклеиновой кислоты, высвобождающиеся в кровотоке при повреждении клеток; АСТ — аспартатаминотрансфераза; АКТГ — адренокортикотропный гормон; POMS — профиль состояний настроения; RESTQ-Sport — опросник для оценки восстановительного стресса для спортсменов; SFMS — опросник Французского общества спортивной медицины; RPE — шкала воспринимаемого напряжения; RMSSD (Root Mean Square of Successive Difference) — среднеквадратичное значение последовательных разностей; SDNN (Standard Deviation of Normal-to-Normal Intervals) — общая изменчивость интервалов между последовательными нормальными сердечными сокращениями.

рассматриваемых маркеров, он может рассматриваться как основание для включения соответствующих маркеров в проспективные исследования с оценкой их диагностической точности. Высокую согласованность показали психометрические и субъективные, морфологические, молекулярно-генетические и иммунологические маркеры.

Следует учитывать, что причиной высокой согласованности (100%) 11 из 30 маркеров может являться то, что источником данных было только 1 исследование ($n = 1$), что в сочетании с невысоким уровнем достоверности, установленным по GRADE, требует подтверждения в дальнейших исследованиях. Разнонаправленные изменения при перетренированности отмечались в уровнях таких маркеров как тестостерон, кортизол, креатинфосфокиназа, лактат при нагрузке, индекс анаболизма, максимальное потребление кислорода.

ОБСУЖДЕНИЕ

Систематический обзор показал, что для оценки состояния перетренированности спортсменов необходимо использовать комплекс методов и маркеров, учитывающий функциональное состояние различных систем организма. Синдром перетренированности и предшествующие ему состояния перенапряжения

затрагивают эндокринные, иммунные, метаболические и психофизиологические процессы. У спортсменов разных видов спорта отмечается вариативность адаптационных реакций, что объясняется спецификой различных видов спорта, в частности могут существенно различаться срок наступления состояния перетренированности и его проявления [5]. Таким образом, объединение спортсменов разных видов спорта может казаться упрощением взгляда на оценку перетренированности. Тем не менее в текущем обзоре намеренно объединялись исследования, рассматривающие циклические, силовые и игровые виды спорта. Это связано с тем, что, несмотря на различия в процессах, ведущих к состоянию перетренированности, существуют маркеры, которые будут информативными вне зависимости от специфики вида спорта. Например, у тяжелоатлетов и стайеров синдром перетренированности имеет общие проявления: неспособность к суперкомпенсации, смена настроения, потеря адаптационных резервов. Поэтому рассмотрение широкого спектра исследований позволяет выявить наиболее устойчивые маркеры с высокой согласованностью результатов независимо от вида спорта и типа нагрузки. Так, например, снижение уровня тестостерона наблюдалось как в силовых, так и в игровых видах спорта, а ухудшение настроения, выявленное

по опроснику POMS, отмечалось у спортсменов, занимающихся как силовыми видами спорта, так и спортом на выносливость. Эффективность данного подхода к анализу литературы подтверждает крупное исследование EROS (Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome), которое показывает целесообразность объединения спортсменов разных видов спорта, поскольку при развитии состояния перетренированности у них происходят похожие изменения, выраженные, например, в росте уровня эстрадиола у мужчин и снижении индекса нейтрофилы/лимфоциты [21].

Биохимические и эндокринные маркеры. Результаты оценки уровня кортизола оказались неоднозначными: в половине из девяти исследований (в 4 работах) зафиксировано повышение показателя, в стольких же — его снижение. Такая разнонаправленная динамика свидетельствует о низкой стабильности маркера, из-за чего для диагностики перетренированности его нецелесообразно применять изолированно. Вариабельность уровня кортизола обусловлена влиянием ряда внешних и внутренних факторов — в частности, физической нагрузки, качества сна и стрессовых воздействий. Существенное значение имеет также характер самой нагрузки: при недостаточном контроле ее объема и интенсивности гормональный ответ организма оказывается неоднородным, что осложняет интерпретацию данных [30]. Согласно оценке по шкале GRADE, достоверность данных о кортизоле как маркере перетренированности характеризуется как очень низкая.

Индекс анаболизма — отношение тестостерона к кортизолу — считается значимым критерием (уровень согласованности данных составляет 80 %). Однако при оценке его надежности важно учитывать, что анализ слюны уступает по информативности исследованию плазмы крови [31]. По этой причине достоверность показателя по шкале GRADE оценивается как низкая.

При перетренированности у мужчин наблюдается снижение отношения тестостерона к эстрадиолу — это свидетельствует о структурной дезадаптации эндокринной системы и позволяет рассматривать данный показатель как более надежный маркер перетренированности.

Креатинфосфокиназа (КФК) — классический маркер повреждения мышечной ткани, однако для оценки состояния перетренированности этот маркер следует использовать с учетом вида спорта [9, 20], поскольку изменения КФК могут варьировать в зависимости от дисциплины. Рост КФК у спортсменов скоростно-силовых дисциплин может быть выше 2600 Е/л из-за интенсивности белкового обмена [9]. В то время как в кроссфите КФК может варьироваться в широком диапазоне 122–1650 Е/л и не отличаться от изменений у непетренированных спортсменов [20]. Из-за зависимости от характера мышечной работы, низкой воспроизводимости результатов, а также того, что этот маркер отражает не хроническое состояние, а острое повреждение, уровень достоверности КФК по GRADE очень низкий.

Физиологические маркеры. Анализ показателей вариабельности сердечного ритма показал

максимальную согласованность в двух исследованиях (табл. 2 и 3). В работах наблюдалось снижение вариабельности сердечного ритма и доминирование симпатической «стресс-реакции» [12, 26]. Невысокую согласованность демонстрировали показатели аэробной работоспособности — у спортсменов с состоянием перетренированности анаэробный порог наступал раньше на более низкой мощности, чем без состояния перетренированности [29]. У спортсменов с признаками перетренированности наблюдалась проблема с достижением пиковых уровней лактата в тестах «до отказа» — это свидетельствует о нарушении процесса анаэробного гликолиза как способа энергообеспечения. Что касается максимального потребления кислорода (МПК), то снижение этого показателя зафиксировали лишь в одном из трех исследований; в двух других значимых отклонений не выявили, при этом уровень достоверности результатов оценивался по шкале GRADE как крайне низкий.

Максимальная частота сердечных сокращений ($ЧСС_{\text{макс}}$) является главным индикатором интенсивности физической нагрузки, но в случае перетренированных спортсменов данный показатель снижался во время теста «до отказа» [29]. Это может быть связано со снижением чувствительности β -адренорецепторов сердечной мышцы к катехоламинам — защитным механизмом, который ограничивает работу сердца [32], или общим угнетением симпатической реакции. В 4 исследованиях (табл. 2) для оценки перетренированности использовали интегральный маркер, объединяющий в себе два показателя — индекс $\frac{ЧСС_{\text{макс}}}{\text{лактат}_{\text{макс}}}$. Снижение данного индекса при субмаксимальных нагрузках связывают с состоянием перетренированности. Данный показатель характеризуется умеренным уровнем достоверности по GRADE.

Изменения на уровне центральной нервной системы (ЦНС) могут использоваться для диагностики перетренированности на ранних этапах, предшествующих метаболическим нарушениям [9]. В 5 статьях (табл. 2 и 3) тесты на скорость, силу и мощность демонстрировали высокую согласованность: у перетренированных участников снижалась максимальная сила в приседаниях, скорость в беге на 5 км и средняя мощность в одночасовой гонке [14, 15, 23]. Такие изменения свидетельствуют о нарушении процессов торможения и возбуждения в ЦНС, что позволяет использовать такие тесты в полевых условиях и проводить раннюю диагностику перетренированности. Однако скоростно-силовые тесты характеризуются очень низким уровнем достоверности, что связано с тем, что содержание тестов в каждом из исследований отличались (максимальная сила в приседаниях, максимальный ступенчатый беговой тест, стандартизированный тредмил-тест «до отказа», скоростные приседания и разгибания ног, 5-километровый вело-тест на время).

Психометрические и субъективные показатели. Наиболее часто для оценки перетренированности используется опросник профиля состояний настроения (POMS, Profile of Mood States), который показал максимальную согласованность среди всех исследований (табл. 2 и 3): негативные изменения в профиле настроения (рост депрессии, усталости, падения энергичности) и указывал на состояние перетренированности.

Следует отметить, 3 исследования из 6 относились к 1 проекту. Рост воспринимаемого напряжения RPE (Rating of Perceived Exertion) во время физической нагрузки является «золотым стандартом», указывающим на изменения субъективных ощущений на фоне перетренированности [32]. В текущем обзоре он был использован только в 1 исследовании, в котором показал максимальную согласованность [30]. В качестве еще одного инструмента субъективной оценки состояния перетренированности используют опросник «стресс-восстановление» (RESTQ-Sport, Recovery-Stress Questionnaire for Athletes), который показал максимальную согласованность в 3 исследованиях (табл. 2 и 3). У спортсменов с признаками перетренированности наблюдался рост показателей по шкалам стресса и снижение по шкалам восстановления. Опросник Французского общества спортивной медицины SFMS (The French Society for Sport Medicine questionnaire) был включен в 3 статьи (табл. 2 и 3) и показал максимальную согласованность. Часто субъективные шкалы и опросники коррелируют с объективными показателями, что согласуется у умеренным уровнем достоверности по GRADE в текущем исследовании. Поэтому их использование, как в случае с тестами на скоростно-силовые показатели, позволяет проводить диагностику в полевых условиях и выявлять ранние нарушения.

Морфологические маркеры. В 3 исследованиях несмотря на высокий объем тренировок наблюдалось снижение мышечной и рост жировой массы (табл. 2 и 3). Исследования EROS показали, что морфологические изменения сопровождаются снижением базального метаболизма и замедлением окисления жиров [18]. В отличие от биохимических показателей (например, кортизола или лактата), морфологические показатели являются более точным маркером перетренированности, так как отражают долгосрочные метаболические изменения [18], однако поскольку рассматриваемые морфологические показатели относились к одному исследовательскому проекту, уровень их достоверности по GRADE считался низким.

Молекулярно-генетические и иммунологические маркеры. Маркеры внеклеточной ДНК позволяют решить задачу неспецифичности маркеров относительно вида спорта, поскольку дают возможность оценить состояние перетренированности на молекулярном уровне. Сложность их использования заключается в стоимости оборудования, необходимом для проведения исследования [15]. Показатель «соотношение нейтрофилов и лимфоцитов» имел максимальную согласованность по результатам двух исследований (табл. 2 и 3), проведенных в рамках одного проекта, на различных выборках испытуемых [21]. Ценность данного маркера заключается в его способности отражать адаптационные изменения в иммунной системе. В норме тренировочные нагрузки у спортсменов стимулируют рост лимфоцитов в крови по сравнению с показателями у людей, не занимающихся спортом. При развитии перетренированности характерный для спортсмена иммунный профиль утрачивается. При этом, несмотря на высокую согласованность данных маркеров, в рейтинге GRADE они получили более низкую оценку из-за риска предвзятости, обусловленного влиянием вмешивающихся факторов.

Ограничения исследования

Исследование не проходило предварительную регистрацию в международных реестрах, однако при его проведении неукоснительно соблюдались рекомендации стандарта PRISMA. Преимущественно в проанализированных исследованиях участвовали мужчины-спортсмены; в ряде публикаций сведения о половой принадлежности испытуемых отсутствовали — это затрудняет распространение полученных результатов на женскую популяцию. Методы оценки индекса метаболизма различались: одни авторы опирались на анализ плазмы крови, другие — на исследование слюны, и такая разница могла повлиять на выявление эффекта. Протоколы исследований существенно варьировались по длительности исследования (от 1 сут до 14 лет), что осложняет дифференциацию состояний функционального и нефункционального перенапряжения, а также синдрома перетренированности.

При интерпретации полученных результатов (табл. 3) следует учитывать, что для ряда маркеров выводы основаны на ограниченном числе исследований (36,7%). В таком случае это отражение не столько высокой согласованности, сколько ограниченности имеющихся исследований. По отношению к этим маркерам следует проявлять особую осторожность, для дальнейшего использования требуется проведение дополнительной валидации. Помимо этого, важно отметить, что ряд маркеров с высокой согласованностью относились к одному проекту EROS [17, 20, 21], включенному в рассмотрение из-за разнообразия рассматриваемых маркеров. Высокая согласованность маркеров, изучаемых в этих работах, может быть следствием методологической однородности данных. К этим показателям относятся: количество мышечной массы, базальный метаболизм, соотношение нейтрофилов к лимфоцитам, концентрация тестостерона, кортизола и опросник POMS. Клиническая и методологическая неоднородность включенных исследований также могли вносить дополнительную гетерогенность в результаты и влиять на их согласованность.

По результатам оценки GRADE ни одно из исследований не было отнесено к категории высокой достоверности (табл. 3), уровень достоверности большинства маркеров был оценен как умеренный (40%), низкий (30%) или очень низкий (30%). Это связано как с невозможностью проведения рандомизированных исследований из-за этических ограничений, так и с другими методологическими особенностями, такими как малый объем выборки, неконтролируемые внешние факторы, нестандартизированный забор материала. Однако высокая согласованность между исследованиями (табл. 3) по ряду маркеров позволяет использовать их в качестве потенциальных диагностических инструментов состояния перетренированности в комплексе с другими методами. Тем не менее низкий уровень доказательности, определенный по GRADE, указывает на необходимость дальнейшей валидации предполагаемых маркеров перетренированности в крупных проспективных исследованиях.

Практические рекомендации

На основании проведенного обзора и выявленной согласованности исследований по используемым методам мы предлагаем применять два уровня диагностики состояния перетренированности спортсмена: для тренеров, где предполагается внедрение доступных и информативных методов для выявления ранних признаков дезадаптации (опросник POMS, скоростно-силовые тесты); для медицинских/научных работников, где будут подтверждаться/опровергаться состояния перетренированности спортсменов в лабораторных условиях методами с высокой диагностической согласованностью (отношение тестостерон/эстрадиол у мужчин, отношение нейтрофилы/лимфоциты, ВРС, индекс ЧСС_{макс}/лактат_{макс}, внеклеточная плазменная ДНК, базальный метаболизм). Как тренеры, так и другие специалисты, проводящие диагностику состояния перетренированности спортсмена, должны учитывать внешние факторы, которые могут вносить значительный вклад в изменение показателей: сон, стресс, заболевания, характер тренировок накануне исследований и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного систематического обзора возможные маркеры оценки состояния перетренированности спортсменов были квалифицированы по 5 категориям: биохимические и эндокринные, физиологические, психометрические и субъективные, морфологические, молекулярно-генетические

иммунологические маркеры. Наиболее высокую согласованность показали психометрические и субъективные маркеры (POMS — 6 из 6, RESTQ-Sport — 3 из 3, SFMS — 3 из 3). Остальные маркеры продемонстрировали меньшую согласованность (кортизол — 4 из 9, тестостерон — 5 из 8, МПК — 1 из 3, индекс анаболизма — 4 из 5, лактат при нагрузке — 3 из 4, КФК — 3 из 4) или высокую согласованность, но при ограниченном количестве исследований ($n = 1$) или при анализе исследований, проведенных в рамках одного исследовательского проекта. По результатам оценки GRADE 18 из 30 маркеров имели низкий или очень низкий уровень достоверности.

Полученные данные свидетельствуют о потенциальной ценности выявленных маркеров для диагностики состояния перетренированности, однако их применение целесообразно только при условии комплексного подхода, который предполагает одновременную оценку маркеров различных функциональных систем. Также необходимы дальнейшие проспективные исследования, направленные на стандартизацию диагностических протоколов, оценку диагностической точности маркеров перетренированности, включающие спортсменов разного пола и уровня подготовки. Для объективной оценки состояния спортсмена при диагностике перетренированности помимо изучения и определения уровня маркеров необходимо учитывать внешние факторы, которые могут оказывать влияние на состояние спортсмена (сон, стресс, психосоциальные факторы, ограничения в калорийности питания и т.д.).

Литература / References

1. Armstrong LE, Bergeron MF, Lee EC, Mershon JE, Armstrong EM. Overtraining syndrome as a complex systems phenomenon. *Frontiers in Network Physiology*. 2022;1:794392. <https://doi.org/10.3389/fnetp.2021.794392>
2. Carrard J, Rigort AC, Appenzeller-Herzog C, Colledge F, Königstein K, Hinrichs T, et al. Diagnosing overtraining syndrome: A scoping review. *Sports Health*. 2022;14(5):665–73. <https://doi.org/10.1177/19417381211044739>
3. Varlet-Marie E, Mercier J, Brun JF. Is plasma viscosity a predictor of overtraining in athletes? *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2006;35(1-2):329–32. PMID: 16899952
4. Brel YI, Faschenko YI, Melnik SN. Overtraining syndrome: peculiarities and perspectives of diagnostics. *Opera Medica et Physiologica*. 2023;10(3):5–22. <https://doi.org/10.24412/2500-2295-2023-3-5-22>
5. Weakley J, Halson SL, Mujika I. Overtraining syndrome symptoms and diagnosis in athletes: where is the research? A systematic review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2022;17(5):675–81. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2021-0448>
6. Valdesalici A, Sella E, Domenicucci R, Ghisi M, Borella E. Effects of non-functional overreaching and overtraining syndrome on psychological and cognitive functioning in elite athletes: A Systematic review. *Psychology of Sport and Exercise*. 2026;84:103079. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2026.103079>
7. Lipka A, Luthardt C, Tognaccioli T, Cairo B, Abreu RMD. Heart rate variability and overtraining in soccer players: A systematic review. *Physiological Reports*. 2025;13:e70357. <https://doi.org/10.14814/phy2.70357>
8. Nowicka I, Łuniewski B, Macko A, Łuniewska M, Turek PR. Possible hormonal biomarkers in the diagnosis of overtraining syndrome (OTS)-a literature review. *Quality in Sport*. 2026;50:68113. <https://doi.org/10.12775/QS.2026.50.68113>
9. Будко АН, Рыбина ИЛ. Биохимические аспекты перетренированности у спортсменов в конькобежном спорте. *Прикладная спортивная наука*. 2016;1(3):44–9. Budko AN, Rybina IL. Biochemical aspects of overtraining in speed skating athletes. *Applied Sports Science*. 2016;1(3):44–9 (In Russ.). EDN: WITJTR
10. Аллахарова КЭ, Невзорова ЕВ, Гулин АВ. Оценка интенсивности физической нагрузки и расчет индекса анаболизма как критерия перетренированности. *Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки*. 2017;22(2):382–6. Allakhyarova KE, Nevzorova EV, Gulina AV. Assessment of physical activity intensity and calculation of anabolism index as a criterion of overtraining. *Bulletin of Tambov State University. Natural Sciences*. 2017;22(2):382–6 (In Russ.). <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-2-382-386>
11. Buchwald RL, Buchwald J, Lehtonen E, Peltonen JE, Uusitalo AL. A comprehensive analysis of overtraining syndrome in athletes and recreational exercisers. *International Journal of Sports Medicine*. 2025;46(12):898–907. <https://doi.org/10.1055/a-2611-3598>
12. Kajaia Y, Maskhulia L, Chelidze K, Akhalkatsi V, Kakhabrishvili Z. The effects of non-functional overreaching and overtraining on autonomic nervous system function in highly trained Georgian athletes. *Georgian Medical News*. 2017;3(264):97–103. PMID: 28480859.

13. Grant CC, Janse Van Rensburg DC, Collins R, Wood PS, Du Toit PJ. The Profile of Mood State (POMS) questionnaire as an indicator of Overtraining Syndrome (OTS) in endurance athletes. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*. 2012;18(1):23–32.
14. Ranahan AM, Pignatelli C, Thompson KM, Burr JF, Coates AM. Alterations in glycemic control and glucose tolerance following overtraining in endurance athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2025;50:1–10. <https://doi.org/10.1139/apnm-2025-0278>
15. Fatouros IG, Destouni A, Margonis K, Jamurtas AZ, Vrettou C, Kouretas D, et al. Cell-free plasma DNA as a novel marker of aseptic inflammation severity related to exercise overtraining. *Clinical Chemistry*. 2006;52(9):1637–45. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2006.070417>
16. Noce F, Costa VT, Szmuchowski LA, Soares DS, De Mello MT. Psychological indicators of overtraining in high level judo athletes in pre- and post-competition periods. *Archives of Budo*. 2014;10:281–6.
17. Cadegiani FA, Kater CE. Body composition, metabolism, sleep, psychological and eating patterns of overtraining syndrome — results of the EROS study (EROS-PROFILE). *Journal of Sports Sciences*. 2018;36(16):1902–10. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1424498>
18. Cadegiani FA, Kater CE. Hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis functioning in overtraining syndrome — findings from endocrine and metabolic responses on overtraining syndrome (EROS) — EROS-HPA study. *Sports Medicine — Open*. 2017;3(1):45. <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0113-0>
19. Cadegiani FA, Kater CE. Hormonal response to a non-exercise stress test in athletes with overtraining syndrome: results from the Endocrine and metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS)—EROS-STRESS. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018;21(7):648–53. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.10.033>
20. Cadegiani FA, Kater CE. Inter-correlations among clinical, metabolic, and biochemical parameters and their predictive value in healthy and overtrained male athletes: the EROS-CORRELATIONS study. *Frontiers in Endocrinology*. 2019;10:534. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00858>
21. Cadegiani FA, Kater CE, Gazola M. Clinical and biochemical characteristics of high-intensity functional training (HIFT) and overtraining syndrome — findings from the EROS study (The EROS-HIFT). *Sports Medicine Open*. 2019;27(11):1296–307. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1555912>
22. Fagundes LHS, Costa ITD, Reis CP, Pinheiro GDS, Costa VT. Monitoring of overtraining and motivation in elite soccer players. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2021;27:e102100109. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742021022221>
23. Slivka DR, Hailes WS, Cuddy JS, Ruby BC. Effects of 21 days of intensified training on markers of overtraining. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(10):2604–12. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e8a4eb>
24. Anderson T, Haake S, Lane AR, Hackney AC. Changes in resting salivary testosterone, cortisol and interleukin-6 as biomarkers of overtraining. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences*. 2016;101(2):2–7. PMID: 29708232
25. Nicoll JX, Fry AC, Mosier EM, Olsen LA, Sontag SA. MAPK, androgen, and glucocorticoid receptor phosphorylation following high-frequency resistance exercise non-functional overreaching. *European Journal of Applied Physiology*. 2019;119(10):2237–53. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04200-y>
26. Tian Y, He Z. Monitoring overtraining in women wrestlers. *International Journal of Wrestling Science*. 2013;3(2):51–7. <https://doi.org/10.1080/21615667.2013.10878988>
27. Kargarfard M, Amiri E, Shaw I, Shariat A, Shaw BS. Salivary testosterone and cortisol concentrations, and psychological overtraining scores as indicators of overtraining syndromes among elite soccer players. *Revista de Psicología del Deporte*. 2018;27(1):155–60. <https://doi.org/10.1136/bjmsm.2002.000254>
28. Gasser BA, Vogel R, Wehrli J. Effects of a 6-week additional work on performance capacity — Hints for a parasympathetic overtraining? *Journal of Human Sport and Exercise*. 2022;17(3):690–702. <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.173.12>
29. Le Meur YL, Hausswirth C, Natta F, Couturier A, Bignet F, Vidal PP. A multidisciplinary approach to overreaching detection in endurance trained athletes. *Journal of Applied Physiology*. 2013;114(3):411–20. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01254.2012>
30. Hackney AC, Kallman A, Hosick KP, Rubin DA, Battaglini CL. Thyroid hormonal responses to intensive interval versus steady-state endurance exercise sessions. *Hormones*. 2012;11(1):54–60. <https://doi.org/10.1007/BF03401537>
31. Brini S, Clark CC, Ouergui I, Delextrat A, Yagin FH, Muscella A, et al. Plasma and salivary measures of testosterone and cortisol levels in basketball players under various games/training conditions, and nutritional strategies: an updated systematic review. *Frontiers in Physiology*. 2025;16:1678971. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1678971>
32. Lopes TR, Pereira HM, Silva BM. Perceived exertion: Revisiting the history and updating the neurophysiology and the practical applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(21):14439. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114439>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Ф.А. Мавлиев — идея и планирование работы, выполнение поиска литературы, извлечение и систематизация данных, подготовка итоговой версии статьи; А.Ш. Абдрахманова — выполнение поиска литературы, извлечение и систематизация данных, написание черновой версии статьи; В.Р. Карфик — извлечение и систематизация данных, редактирование статьи; Т.В. Сабиров — участие в обсуждении результатов, написание и редактирование статьи; Ф.Р. Зотова — планирование работы, разработка стратегии поиска литературы, написание текста статьи, подготовка итоговой версии статьи.

Об авторах:

Мавлиев Фанис Азгатович, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8981-7583>

Абдрахманова Аделя Шамильевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4971-7822>

Карфик Владислав Рафаэлевич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0253-8707>

Сабиров Тимур Васильевич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3169-1453>

Зотова Фируза Рахматулловна, д-р пед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8711-8807>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-520>
УДК 796.071:613.2



ПРИНЯТИЕ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ НУТРИТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ СПОРТСМЕНОВ: ДОКАЗАТЕЛЬНЫЙ И ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД (ОБЗОР)

Ж.В. Гришина^{1,2}, А.И. Кадыкова¹, Н.С. Гладышев^{1,2}, Е.Д. Копылов^{1,2}, А.В. Жолинский¹, В.С. Фещенко¹, Р.В. Деев^{1,2}

¹ Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

² Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского, Москва, Россия

Введение. Нутритивная поддержка спортсменов высокого класса существенно влияет на работоспособность и здоровье атлетов, включая процессы восстановления и адаптации к тренировочным нагрузкам, состав тела и состояние иммунной системы. Вместе с тем на практике назначения специализированных продуктов для питания спортсменов (СПП) нередко носят эмпирический характер и не всегда основываются на оценке фактического рациона спортсмена, его энергетической доступности, а также лабораторных показателей и особенностях тренировочного процесса. Это повышает риск необоснованного назначения СПП и биологически активных добавок к пище (БАД).

Цель. Систематизация современных подходов к принятию врачебных решений в области нутритивной поддержки спортсменов и разработка практико-ориентированной модели выбора компонентов нутритивной программы.

Обсуждение. Выделены ключевые этапы принятия врачебного решения: определение цели, оценка энергетической доступности и базового питания, лабораторная верификация предполагаемых нарушений, стратификация риска, выбор минимально достаточного вмешательства в виде СПП и БАД. Показано, что в большинстве случаев первоочередное значение имеет коррекция основного рациона питания, тогда как дополнительная нутритивная поддержка должна применяться «точно» и при наличии клинических или лабораторных показаний.

Выводы. На основании современных данных литературы разработан алгоритм принятия врачебных решений в области нутритивной поддержки профессиональных спортсменов. Рациональная нутритивная поддержка спортсменов должна строиться на принципах доказательности, персонализации, клинической безопасности и динамического наблюдения. Врачебное решение должно базироваться не на расширении схемы применяемых СПП и БАД, а на последовательном алгоритме: рацион → целевая диагностика → клинически обоснованное вмешательство → оценка динамики. Приоритет — коррекция базового питания и энергетической доступности; СПП и БАД применяются адресно и при доказанной пользе и безопасности для конкретного вида нагрузки.

Ключевые слова: спортивная медицина; нутритивная поддержка; врачебное решение; энергетическая доступность; синдром относительного дефицита энергии; REDs; дефицит железа; витамин D; эргогенные средства; биомаркеры; персонализированный подход

Для цитирования: Гришина Ж.В., Кадыкова А.И., Гладышев Н.С., Копылов Е.Д., Жолинский А.В., Фещенко В.С., Деев Р.В. Принятие врачебных решений в области нутритивной поддержки спортсменов: доказательный и персонализированный подход (обзор). *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):359–369. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-520>

Финансирование. Работа выполнена в рамках прикладной НИР по теме: «Разработка системы поддержки принятия врачебных решений с использованием геномных данных и алгоритмов машинного обучения для медико-биологического сопровождения спортсменов сборных команд Российской Федерации» (шифр «СППВП-25–27»). Государственное задание № 388-00001-26-00.002.24.800 от 09.01.2024.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование инструментов ИИ. Инструменты искусственного интеллекта (ИИ) применялись для графического представления разработанного алгоритма принятия врачебных решений о нутритивной поддержке (использовали сервис <https://mermaid.ai/web/>).

✉ Гришина Жанна Валерьевна grinzanetk@gmail.com

Статья поступила: 08.05.2026 **После доработки:** 26.06.2026 **Принята к публикации:** 13.07.2026 **Online first:** 01.09.2026

DECISION-MAKING IN SPORTS NUTRITION: AN EVIDENCE-BASED AND PERSONALIZED APPROACH (A REVIEW)

Zhanna V. Grishina^{1,2}, Anastasia I. Kadykova¹, Nikita S. Gladyshev^{1,2}, Evgeniy D. Kopylov^{1,2}, Andrey V. Zholinsky¹, Vladimir S. Feshchenko¹, Roman V. Deev^{1,2}

¹ National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

² Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

Introduction. Nutritional support for elite athletes significantly affects performance and health, including recovery and adaptation to training loads, body composition, and immune system status. At the same time, in practice, the prescription of specialized sports nutrition products (SSNPs) is often empirical and fails to account for the athlete's actual diet, energy availability, laboratory parameters, and specific features of the training process. This increases the risk of unjustified prescription of SSNPs and dietary supplements.

Objective. Systematization of current approaches to clinical decision-making in the field of nutritional support for athletes and development of a practice-oriented model for selecting components of a nutritional program.

Discussion. The following key stages in clinical decision-making were identified: defining the goal, assessment of energy availability and baseline nutrition, laboratory verification of suspected deficiencies, risk stratification, selection of a minimally sufficient intervention in the form

© Ж.В. Гришина, А.И. Кадыкова, Н.С. Гладышев, Е.Д. Копылов, А.В. Жолинский, В.С. Фещенко, Р.В. Деев, 2026

of SSNPs and dietary supplements. In most cases, the correction of the baseline diet was shown to be a priority, whereas additional nutritional support should be applied in a targeted manner and only when clinical or laboratory indications are present.

Conclusions. Based on current literature data, an algorithm for clinical decision-making in the field of nutritional support for professional athletes has been developed. Rational nutritional support for athletes should rely on the principles of evidence-based practice, personalization, clinical safety, and dynamic monitoring. Clinical decision-making should be based not on the expansion of the regimen of SSNPs and dietary supplements used, but on a sequential algorithm: diet → targeted diagnostics → clinically justified intervention → assessment of dynamics. The correction of baseline nutrition and energy availability is the priority; SSNPs and dietary supplements should be applied in a targeted manner and only when their benefits and safety for the specific type of exercise have been established.

Keywords: sports medicine; nutritional support; clinical decision-making; energy availability; relative energy deficiency syndrome; REDs; iron deficiency; vitamin D; ergogenic aids; biomarkers; personalized approach

For citation: Grishina Zh.V., Kadykova A.I., Gladyshev N.S., Kopylov E.D., Zholinsky A.V., Feshchenko V.S., Deev R.V. Decision-making in sports nutrition: An evidence-based and personalized approach (a review). *Extreme Medicine*. 2026;28(3):359–369. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-520>

Funding. The study was carried out within the framework of applied research on the topic: "Development of a clinical decision support system using genomic data and machine learning algorithms for medical and biological support of athletes of the national teams of the Russian Federation" (code: "SPPVR-25-27"). State Assignment No. 388-00001-26-00.002.24.800 dated 09.01.2024.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

AI tools use. Artificial intelligence (AI) tools were used for the graphical representation of the developed clinical decision-making algorithm for nutritional support (the service <https://mermaid.ai/web> was used).

✉ Zhanna V. Grishina grinzanetk@gmail.com

Received: 8 May 2026 **Revised:** 26 June 2026 **Accepted:** 13 July 2026 **Online first:** 1 Sep. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Нутритивная поддержка в спорте высоких достижений рассматривается как неотъемлемая часть системы медико-биологического сопровождения, влияющая на переносимость тренировочных нагрузок, адаптационные процессы, восстановление, профилактику травм и сохранение здоровья спортсмена¹ [1, 2]. При этом современная спортивная нутрициология выходит далеко за пределы простого расчета калорийности рациона и предполагает оценку энергетической достаточности, макро- и микронутриентного обеспечения, пищевого поведения, обоснованности и безопасности применения специализированных пищевых продуктов (СПП) и биологически активных добавок к пище (БАД)² [2].

В практической деятельности врача по спортивной медицине часто встречается противоречие между высокой распространенностью использования БАД и СПП спортсменами (от 40 до 100% [3]) и недостаточной обоснованностью соответствующих назначений³ [3]. Значительная часть нутритивных вмешательств инициируется под влиянием тренерских рекомендаций, популяризированных схем приема БАД и СПП или маркетинговых установок. Это повышает риск не только низкой эффективности, но и клинических ошибок, включая необоснованное применение лекарственных препаратов железа, витамина D, СПП с высоким содержанием белка и эргогенных средств⁴ [4–6], а также риск допинговой контаминации, документировано присутствующей в 12–58% несертифицированных препаратов⁵ [3].

Особую актуальность проблема приобретает в связи с распространенностью состояний, ассоциированных с низкой энергетической доступностью (low energy availability, LEA) и синдромом относительного дефицита энергии в спорте (Relative Energy Deficiency in Sport, REDs)⁶ [6]. Эти состояния характеризуются снижением спортивной работоспособности, нарушением восстановления, частыми травмами, изменениями менструальной функции у спортсменок, ухудшением костного метаболизма и психологического статуса. При этом отдельные зафиксированные лабораторные отклонения не всегда позволяют правильно интерпретировать клиническую картину; необходимо учитывать тренировочный период, объем нагрузок и особенности базового рациона питания.

В связи с этим принятие врачебных решений в области нутритивной поддержки должно представлять собой последовательный алгоритм, основанный на принципах доказательной медицины, персонализированного подхода и безопасности.

Цель исследования — систематизация современных подходов к принятию врачебных решений в области нутритивной поддержки спортсменов и разработка практико-ориентированной модели выбора нутритивных назначений в спортивной медицине.

Был проведен нарративный обзор без формального систематического поиска. Целенаправленно отбирались нормативные документы международных профессиональных обществ — Международного олимпийского комитета (МОК), Американского колледжа спортивной медицины совместно с Академией питания и диетологии (Academy of Nutrition and Dietetics

¹ Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>; IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>; IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>

² International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

³ IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>

⁴ International Society of Sports Nutrition position stand: caffeine and exercise performance. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>

⁵ IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>

⁶ IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>; 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>

и Dietitians of Canada (ACSM/AND/DC), Международного общества спортивного питания (International Society of Sports Nutrition, ISSN), а также ключевые оригинальные исследования, метаанализы и систематические обзоры по исследуемой теме.

Поиск проводился в библиографических базах PubMed и eLibrary за период 2005–2025 гг. по следующим направлениям: nutrition and athletes; energy availability; relative energy deficiency in sport; carbohydrate and endurance; protein requirement and resistance exercise; iron deficiency and athletes; vitamin D and athletes; caffeine / creatine / nitrate / beta-alanine / sodium bicarbonate and performance; dietary supplements and doping. Аналогичные ключевые слова были включены в поиск на русском языке. При наличии нескольких редакций одного нормативного/регуляторного документа использовалась редакция, действующая на момент написания рукописи.

Настоящая работа имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при интерпретации выводов:

- числовые ориентиры (суточные диапазоны макро-нутриентов, пороги ферритина и 25(OH)D, дозы эргогенных средств) приведены как усредненные. Индивидуальная вариативность может быть значительной и в ряде случаев превышать средние различия;
- обзор не детализирует особенности нутритивной поддержки в отдельных группах спортсменов — параатлетов, лиц юношеского и ветеранского возраста, спортсменов с подтвержденными хроническими заболеваниями и т.д., для каждой из которых существуют отдельные методические документы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Структура врачебного решения

Проведенный анализ литературы показал, что рациональное решение в области нутритивной поддержки спортсменов не может сводиться к простому назначению СПП и/или БАД. Врачебный выбор должен включать несколько последовательных этапов: идентификация клинической проблемы → подтверждение ее нутритивной природы → исключение ненутритивных причин (заболевания желудочно-кишечного тракта, эндокринопатии, перетренированность) → определение цели назначения нутрицевтика → выбор минимально достаточной стратегии → мониторинг [7]. Наиболее частыми основаниями для рассмотрения необходимости введения нутритивной поддержки являются снижение работоспособности, замедленное восстановление, признаки низкой энергетической достаточности (НЭД), рецидивирующие травмы, подозрение

на дефицит железа, необходимость коррекции композиции тела, а также подготовка к соревнованиям с высокой метаболической нагрузкой⁸ [1, 2, 4, 8].

Оценка базового питания и энергетической достаточности

Анализ литературы показывает, что в значительной части случаев отправной точкой для врачебного решения должна быть оценка основного рациона питания⁹ [2]. У многих спортсменов, помимо длительных интервалов между приемами пищи и отсутствия адаптированной соревновательной стратегии питания, также обнаруживаются:

- недостаточная общая калорийность рациона;
- несоответствие потребления углеводов объему нагрузки;
- неравномерное распределение белка в течение суток.

Низкая энергетическая достаточность. В публикациях последних лет подчеркивается, что именно она лежит в основе широкого круга проблем — от снижения спортивной результативности до нарушений гормонального статуса и остеосинтеза¹⁰ [9, 10]. Энергетическая достаточность (ЭД) рассчитывается как: энергопоступление — энергозатраты тренировки / тощая масса тела (ТМТ), ккал/кгТМТ/сут.

Исторически порог в 30 ккал/кгТМТ/сут рассматривался как граница, ниже которой развивается каскад гормональных и метаболических нарушений [11]. В действующем консенсусе МОК (2023)¹¹ и сопряженном валидированном инструменте МОК REDs CAT2¹² эта концепция переформулирована следующим образом:

- эффекты НЭД рассматриваются как континуум от адаптивного (короткий, умеренный, компенсируемый) к проблемному (длительный, глубокий, дезадаптивный);
- единый числовой порог ЭД заменен индивидуальной оценкой с учетом пола, фазы менструального цикла, генетики, психического статуса и базовой нагрузки;
- расширены физиологические проявления: к снижению репродуктивной функции, минеральной плотности костной ткани, иммунитета, сердечно-сосудистого и гематологического статуса добавлены нейрокогнитивные и психические исходы;
- отдельно описано снижение работоспособности: нарушение выносливости, силы, координации, когнитивной работоспособности и мотивации;
- диагностика опирается на МОК REDs CAT2 — многофакторную балльную шкалу, интегрирующую клинические, лабораторные и психометрические данные.

⁷ Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>; IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>

⁸ IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>; International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

⁹ Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>; International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

¹⁰ IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>

¹¹ 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). 2023. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>

¹² Review of the scientific rationale, development and validation of the International Olympic Committee Relative Energy Deficiency in Sport Clinical Assessment Tool: V. 2 (IOC REDs CAT2). 2023. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106914>

Вследствие этого при жалобах на хроническое утомление, нестабильную массу тела, повторные стрессовые переломы, нарушения менструального цикла у спортсменок и снижение либидо, эректильной функции или уровня утреннего тестостерона у спортсменов приоритетом является восстановление энергопотребления¹³ [6]. Тогда как коррекция изолированных симптомов (например, назначение препаратов железа при сниженном ферритине без восстановления ЭД) малоэффективна и задерживает постановку правильного диагноза.

Углеводы. Базовое углеводное обеспечение рассчитывается относительно массы тела и распределяется по объему и интенсивности тренировочного микроцикла. Согласно совместной позиции ACSM/AND/DC¹⁴ [12] и рекомендациям L.M. Burke и соавт. [1], рекомендации по потреблению углеводов следующие:

- легкая нагрузка (до 1 ч/сут низкой интенсивности) — 3–5 г/кг/сут;
- умеренная (~1 ч/сут) — 5–7 г/кг/сут;
- высокая (1–3 ч/сут средней или высокой интенсивности) — 6–10 г/кг/сут;
- экстремальная (>4–5 ч/сут) — 8–12 г/кг/сут.

Что касается приема углеводов во время нагрузки, то, если нагрузка длится < 45 мин, дополнительное потребление быстрых углеводов не требуется. При нагрузке длительностью 45–75 мин допустимы малые порции или полоскание рта углеводным раствором. При нагрузке длительностью 1–2,5 ч рекомендуется употреблять 30–60 г углеводов в час; если нагрузка длится > 2,5 ч, то рекомендуется принимать до 90 г/ч при условии сочетания разных видов быстрых углеводов (глюкоза + фруктоза, 2:1) и предварительной адаптации ЖКТ¹⁵ [1, 13]. Если между нагрузками проходит менее 8 ч, то рекомендуется принять углеводы в количестве 1,0–1,2 г/кг/ч в течение первых 4 ч после нагрузки¹⁶.

Существующие стратегии периодизации употребления углеводов («низкоуглеводное питание при тренировках / высокоуглеводная загрузка перед соревнованиями») [14] позволяют селективно активировать сигнальные пути митохондриального биогенеза на тренировках низкой интенсивности при сохранении высокой углеводной достаточности перед соревнованиями. Клиническое применение такой стратегии требует грамотного сопровождения и не показано спортсменам с признаками НЭД.

Белок. Особое место в нутритивной поддержке спортсменов занимает белковое обеспечение рациона. СПП с высоким содержанием белка наиболее обоснованы в ситуациях энергетического дефицита, интенсивной тренировочной нагрузки, детренированности, травмы и необходимости сохранения мышечной массы¹⁷ [8, 15]. При этом выбор стратегии должен

основываться прежде всего на анализе рациона, а не на эмпирическом применении СПП с высоким содержанием белка.

Согласно позиции Американского колледжа спортивной медицины суточная потребность в белке у физически активных лиц составляет 1,2–2,0 г/кг массы тела¹⁸. В целях мышечной гипертрофии и силовой адаптации в метаанализе R.W. Morton и соавт. рекомендуется введение белка в рацион в количестве 1,6–2,2 г/кг; также авторы указывают на то, что повышение количества белка в рационе спортсмена выше 2,2 г/кг не приводит к приросту мышечной массы [16]. В работе других авторов приведены данные о потребности в белке у тренированных атлетов до 2,3–3,1 г/кг ТМТ/сут в условиях энергетического дефицита и снижения массы тела [10]. Российские специалисты отмечают необходимость дальнейших исследований возможного безопасного применения высокобелковых рационов (>2,0 г/кг в сут) у спортсменов высокой квалификации, не имеющих хронических заболеваний почек и печени [17].

Важную роль играет распределение белка в течение дня, а не только его общее количество: на каждый прием пищи (при 4–6 приемах пищи в день, равномерно распределенных на протяжении всего дня) рекомендовано 0,3–0,4 г/кг массы тела (~20–40 г) с содержанием лейцина не менее 2–3 г [9, 15]. Кроме того, дополнительный прием 30–40 г медленно усваиваемого белка (казеина) за 30 мин до сна повышает ночной синтез мышечного белка без вмешательства в циркадные ритмы.

В качестве источников белка в рационе спортсменов предпочтительнее пищевые источники (молочные продукты, яйца, мясо, рыба, бобовые), тогда как СПП в виде изолятов сывороточного белка оправданны при логистических ограничениях и в первый час после силовой нагрузки.

Лабораторная диагностика и клиническая интерпретация

Лабораторные показатели в спортивной медицине имеют высокую информативность только при условии клинически корректной интерпретации [18]. Физическая нагрузка, дегидратация, воспалительный ответ, менструальный цикл, соревновательный период и особенности тренировочного режима могут существенно влиять на биохимические маркеры (табл. 1) [19–22]. Наиболее частые выявленные дефициты у профессиональных спортсменов касаются показателей обмена железа в крови и уровня витамина D [4, 5] (табл. 1).

Железо. Железодефицит остается одной из наиболее часто встречающихся проблем, особенно выявляющихся у спортсменок, представителей видов

¹³ IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>; 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). 2023. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>

¹⁴ Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>

¹⁵ International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0189-4>

¹⁶ Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>; International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0189-4>

¹⁷ International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

¹⁸ Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>; International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

спорта на выносливость и лиц с ограничительным питанием [6]. Снижение ферритина не должно рассматриваться изолированно от клинической картины, показателей гемоглобина (Hb), транспорта железа и воспалительных маркеров. Ферритин является белком острой фазы воспаления, поэтому при уровне С-реактивного белка (СРБ) > 5 мг/л его значение завышается, что может маскировать истинный дефицит железа. Изменения ферритина следует интерпретировать только одновременно с СРБ, а при воспалении к оценке добавляются показатели «насыщения трансферрина железом» (transferrin saturation, TSAT) и «растворимого рецептора трансферрина» (soluble transferrin receptor, sTfR) [4].

Используют трехстадийную классификацию железодефицита у спортсменов [4, 19]:

- стадия I — истощение запасов: ферритин < 35 мкг/л при нормальном Hb и TSAT;
- стадия II — железодефицитный эритропоэз: ферритин < 20 мкг/л и/или TSAT < 16%, повышение sTfR при сохранном уровне Hb;
- стадия III — железодефицитная анемия: Hb < 130 г/л (мужчины) или < 120 г/л (женщины).

Метаанализ R.J. Burden и соавт. [21] показал, что коррекция латентного железодефицита у спортсменов умеренно повышает аэробные показатели, при этом эффект наиболее выражен при исходно низких значениях ферритина. Важно учитывать, что через 3–6 ч после физической нагрузки возрастает уровень гепсидина, блокирующего абсорбцию железа в энтероцитах, поэтому прием препаратов железа в этот период малоэффективен [19].

Необоснованное назначение препаратов железа при отсутствии явных показаний может приводить к нежелательным реакциям и не решать исходную проблему снижения работоспособности. Исследование N.U. Stoffel и соавт. [20] продемонстрировало, что 100 мг элементарного железа через день обеспечивает большую фракционную абсорбцию и меньше побочных эффектов, чем его ежедневный прием.

Витамин D. Коррекция уровня витамина D должна осуществляться индивидуально, с учетом сезонности, инсоляции, особенностей вида спорта, анамнеза стрессовых повреждений костной ткани и лабораторных результатов [5]. Рутинное назначение высоких доз без подтвержденного дефицита не соответствует принципам рациональной терапии.

Клинически значимые диапазоны сывороточного витамина D (25(OH)D) [5, 22]:

- дефицит — <30 нмоль/л (<12 нг/мл);
- недостаточность — 30–50 нмоль/л (12–20 нг/мл);
- достаточность — >50 нмоль/л (>20 нг/мл);
- оптимальный диапазон для спортсменов (особенно при анамнезе стрессовых повреждений и в зимний период) — 75–125 нмоль/л (30–50 нг/мл);

- верхний безопасный порог — <250 нмоль/л (<100 нг/мл).

Дефицит витамина D определяется как концентрация 25(OH)D < 20 нг/мл (50 нмоль/л), недостаточность — концентрация 25(OH)D от 20 до 30 нг/мл (от 50 до 75 нмоль/л), адекватные уровни — более 30 нг/мл (75 нмоль/л). Рекомендуемые целевые значения 25(OH)D при коррекции дефицита витамина D — 30–60 нг/мл (75–150 нмоль/л)¹⁹.

Поддерживающая доза для спортсмена обычно составляет 1000–2000 МЕ/сут холекальциферола. При доказанном и подтвержденном дефиците — 3000–4000 МЕ/сут в течение 8–16 нед. с контролем уровня витамина D в крови. [5, 22]. Рутинное назначение витамина D без лабораторной верификации неоправданно: доказательства эффективности при исходно нормальном уровне противоречивы, а превышение верхнего порога сопряжено с гиперкальциемией.

Применение эргогенных средств

Показано, что лишь ограниченное число эргогенных средств обладает достаточной доказательной базой в отношении улучшения спортивной работоспособности (табл. 2). Наиболее изученными являются кофеин, нитраты и некоторые углеводные стратегии²⁰ [23–25]. Их применение должно соответствовать ряду условий: наличие доказанного механизма пользы для конкретного типа нагрузки, отсутствие противопоказаний, предварительное тестирование в тренировочном процессе, оценка переносимости; исключение риска контаминации запрещенными веществами²¹ [3].

Контаминация запрещенными субстанциями (анаболические стероиды, селективные модуляторы андрогенных рецепторов, стимуляторы) регистрируется в 12–58% несертифицированных продуктов, преимущественно в категориях «предтренировочных комплексов», «сжигателей жира» и «тестостероновых бустеров»²². В практической модели врачебного решения проверка СПП и БАД (партия, сертификат, статус ингредиентов по перечню «Запрещенный список» ВАДА, 2026²³) на отсутствие запрещенных веществ является необходимым шагом. Спортсмены сборных команд России получают БАД и СПП из «Формуляра лекарственных средств, биологически активных добавок к пище, специализированных пищевых продуктов и изделий медицинского назначения ФМБА России, используемых для медицинского и медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации»²⁴, которые проходят проверку на отсутствие допинговых субстанций. Если спортсмен не входит в спортивную сборную команду России, то минимальными условиями при выборе БАД и СПП должны быть наличие свидетельства о государственной регистрации этих продуктов

¹⁹ Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых. 2016. <https://doi.org/10.14341/probi201662460-84>

²⁰ IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>; International Society of Sports Nutrition position stand: caffeine and exercise performance. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>

²¹ IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>; World Anti-Doping Agency. The World Anti-Doping Code International Standard Prohibited List 2024. <https://www.wada-ama.org>

²² IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>

²³ World Anti-Doping Agency. The World Anti-Doping Code International Standard Prohibited List 2024. <https://www.wada-ama.org>

²⁴ Приказ Федерального медико-биологического агентства от 29.12.2021 № 275 «Об утверждении Формуляра лекарственных средств, биологически активных добавок к пище и изделий медицинского назначения ФМБА России, используемых для медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации».

Таблица 1. Оптимальная лабораторная панель для оценки нутритивного статуса спортсмена

Показатель	Рекомендуемые значения	Частота контроля	Комментарий
Общий анализ крови: гемоглобин (Hb), средний объем эритроцитов (MCV)	Hb ≥ 130 г/л (муж), ≥ 120 г/л (жен); MCV 80–100 фл	2–4 раза в год	Базовый скрининг анемии и микроцитоза
Ферритин одновременно с С-реактивным белком (СРБ)	Ферритин > 35 мкг/л; при СРБ > 5 мг/л требуется поправка на воспаление	2–4 раза в год	Изолированно не интерпретируется; использовать с TSAT и sTfR при воспалении [4]
Железо сыворотки, коэффициент насыщения трансферрина (TSAT), растворимый рецептор трансферрина (sTfR)	TSAT $\geq 20\%$	При подозрении на железодефицитную анемию	Для стадирования по Peeling / Sim [4, 19]
Витамин D (25(OH)D)	> 50 нмоль/л — обязательно; 75–125 нмоль/л — целевой диапазон	2 раза в год	Оценка вместе с Ca^{2+} , P, щелочной фосфатазой [5, 22]
Общий белок, альбумин	Альбумин 35–50 г/л	1–2 раза в год	Маркеры белкового обмена
Глюкоза, гликированный гемоглобин (HbA1c)	HbA1c $< 5,7\%$, глюкоза 3,9–5,5 ммоль/л	1 раз в год	Исключение дисгликемии, особенно при ограничительных рационах и/или неоптимального потребления белка
Липидный профиль	По нормам общей популяции	1 раз в год	Оценка метаболического фона
Мочевина, креатинин, скорость клубочковой фильтрации (рСКФ)	рСКФ > 90 мл/мин/1,73 м ²	1–2 раза в год	Нормы у спортсменов могут отличаться из-за высокой мышечной массы
Аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ), креатинкиназа (КФК)	Интерпретация с поправкой на нагрузку	По показаниям	Изолированное повышение КФК после нагрузок непатологично
Электролиты (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})	В референсных диапазонах	1–2 раза в год	Обязательно при симптомах судорог, нарушений ритма
Тиреотропный гормон (ТТГ), тироксин свободный (св. Т4)	ТТГ 0,4–4,0 мМЕ/л	1 раз в год; чаще при НЭД	Индивидуальная отрицательная динамика Т3/Т4 — ранний маркер НЭД ²⁵ [12]
Половые гормоны	В референсных диапазонах; у женщин — с учетом фазы цикла	При нарушениях цикла, либидо; при подозрении на REDs	ЛГ, ФСГ, эстрадиол у женщин; общий и свободный тестостерон, ГСПГ у мужчин ²⁶
Витамин B ₁₂ , фолат	B ₁₂ > 200 пг/мл; фолат > 3 нг/мл	1 раз в год	Особенно у веганов и вегетарианцев
Цинк, магний	В референсных диапазонах	По показаниям	Не назначаются рутинно

Таблица составлена авторами по данным источников литературы [4, 5, 12, 19, 22] и регуляторных документов^{25,26}

Примечание. Панель может расширяться в зависимости от вида спорта (например, D-димер, BNP — мозговой натрийуретический пептид и т.д. в видах с высокой кардиальной нагрузкой), фазы подготовки и конкретной клинической задачи. Интерпретация любых показателей у спортсмена проводится с учетом фазы тренировочного цикла, статуса гидратации, воспаления и фазы менструального цикла (у женщин). ЛГ — лютеинизирующий гормон, ФСГ — фолликулостимулирующий гормон, ГСПГ — глобулин, связывающий половые гормоны.

²⁵ 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>

²⁶ 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>; Review of the scientific rationale, development and validation of the International Olympic Committee Relative Energy Deficiency in Sport Clinical Assessment Tool: V. 2 (IOC REDs CAT2). 2023. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106914>

Таблица 2. Характеристики некоторых эргогенных средств

Средство	Группа (A/B/C/D)	Рабочие дозы и схема	Практические замечания
Кофеин	А	3–6 мг/кг за 45–60 мин до нагрузки	Развитие выносливости, используется при решении командных, силовых и спринтерских задач; индивидуальный ответ зависит от генотипа CYP1A2 ²⁷
Креатин моногидрат		Загрузка 20 г/сут (4 × 5 г) × 5–7 сут, далее 3–5 г/сут; либо сразу 3–5 г/сут	Повышает мощность, высокоинтенсивную работоспособность; безопасен при многолетнем приеме в указанных дозах ²⁸
β-аланин		4–6 г/сут в 2–4 приема не менее 4 нед.	Парестезии купируются дроблением дозы; эффект на нагрузках 1–4 мин ²⁹
Нитрат (свекольный сок)		5–9 ммоль NO ₃ ⁻ (140–280 мл стандартизованного сока) за 2–3 ч до нагрузки или курсом 6–15 дней	Эффективнее у неэлитных спортсменов; исключить антисептические ополаскиватели полости рта (нивелируют эффект) [23]
Бикарбонат натрия		0,2–0,3 г/кг за 60–180 мин до нагрузки	Дробление дозы и прием с углеводной пищей снижают ЖКТ-симптоматику; нагрузки 1–7 мин высокой интенсивности ³⁰
Углеводы во время нагрузки		30–60 г/ч при 1–2,5 ч; до 90 г/ч при > 2,5 ч (глюкоза:фруктоза 2:1)	Требует предварительной оценки переносимости ЖКТ [1]
Спортивные напитки / гели / изотоники		По индивидуальной стратегии гидратации и углеводного обеспечения	Предпочтительны сертифицированные продукты
Железо, витамин D, кальций		По клиническим и лабораторным показаниям	Применяются как лекарственные средства, а не как добавки к пище [4, 5]
Коллаген + витамин С	В	15 г гидролизата коллагена + 50 мг вит. С за 30–60 мин до реабилитационной нагрузки	Перспективно при травмах сухожильно-связочного аппарата [8, 24]
Омега-3 (EPA + DHA)		2–4 г/сут	Контроль воспаления, потенциально поддержка мышечного белкового синтеза у возрастных атлетов [8]
Пробиотики		Штамм-специфично	Снижают частоту инфекций верхних дыхательных путей у атлетов, тренирующих выносливость
Куркумин, вишневый сок		Вариабельно	Ограниченные данные по снижению постнагрузочной миалгии и маркеров мышечного повреждения
Гидроксиметилбутират	С	3 г/сут	Возможный эффект для начинающих силовой тренинг или в периодах иммобилизации
BCAA (аминокислоты с разветвленными боковыми цепями) (изолированно)		–	При адекватном количестве белка в суточном рационе дополнительного эффекта не дает

²⁷ International Society of Sports Nutrition position stand: caffeine and exercise performance. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>²⁸ International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>²⁹ International Society of Sports Nutrition position stand: Beta-Alanine. 2015. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0090-y>³⁰ International Society of Sports Nutrition position stand: sodium bicarbonate and exercise performance. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00458-w>

Средство	Группа (A/B/C/D)	Рабочие дозы и схема	Практические замечания
Глутамин	C	—	Недостаточно доказательств эргогенной пользы у здоровых атлетов
L-карнитин, тирозин, иммуномодуляторы		—	Доказательная база противоречива или слаба
Бустеры тестостерона, растительные стероиды	D	—	Рекомендованы к исключению: высокий риск контаминации запрещенными субстанциями [3]

Таблица составлена авторами по данным источников литературы [1, 3–5, 8, 23, 24] и регуляторных документов^{27–30}

Примечание. А — надежные доказательства пользы в соответствующем контексте; В — накапливающиеся доказательства, возможная польза в специфических сценариях; С — доказательства противоречивы или недостаточны; D — не рекомендованы из-за неэффективности или рисков; ЖКТ — желудочно-кишечный тракт; «—» — отсутствие утвержденной дозировки и схемы приема.

и маркировка «Честный знак». К тому же следует приобретать БАД и СПП только на официальных сайтах производителей, что снижает вероятность покупки подделок. Однако риск загрязнения запрещенными субстанциями БАД остается высоким.

Типовые ошибки в клинической практике

При проведении анализа литературы были систематизированы основные ошибки врачебного выбора в области нутритивной поддержки спортсменов:

- назначение добавок без клинической цели³¹;
- отсутствие анализа фактического рациона³²;
- гипердиагностика дефицитов по единичным показателям;
- игнорирование признаков REDs³³;
- отсутствие оценки антидопинговой безопасности [3];
- отсутствие критериев эффективности нутритивной поддержки и сроков контроля [3].

Эти ошибки особенно часто возникают в условиях высокой соревновательной нагрузки, когда клиническое решение подменяется стремлением к быстрому фармако-нутритивному усилению результата.

Ключевая проблема современной спортивной нутритивной поддержки заключается не в дефиците средств нутритивной поддержки, а в недостаточной клинической точности их применения. Несмотря на широкую доступность СПП и БАД, большинство практических решений должно начинаться с оценки базового рациона питания, энергетического баланса и реальной физиологической задачи [2].

Особое значение имеет концепция энергетической достаточности, поскольку именно она позволяет объединить снижение работоспособности, рецидивирующие травмы, нарушения менструальной функции, снижение минеральной плотности костей и хроническую усталость [6]. В этом контексте врачебная ошибка

может заключаться в попытке устранить отдельные симптомы, например сниженный ферритин или утомляемость, без восстановления адекватного энергопотребления.

С практической точки зрения это означает, что коррекция нутритивного статуса должна выстраиваться по ступенчатому принципу [25]. На первом этапе решаются вопросы общей калорийности и структуры рациона. На втором этапе оценивается необходимость СПП, облегчающего соблюдение рациона в условиях высоких тренировочных нагрузок. И только на третьем этапе рассматривается адресное использование БАД [3].

Отдельного внимания заслуживает проблема лабораторной интерпретации. Спортивная медицина требует осторожного отношения к биомаркерам, поскольку нагрузочно-обусловленные сдвиги нередко трактуются как патологические. В результате возникает гипердиагностика, особенно в отношении железодефицитных состояний и витаминной недостаточности [4, 5, 21, 26, 27]. Следовательно, результаты лабораторной диагностики должны рассматриваться не как самостоятельное основание для назначения, а как часть клинического контекста.

Еще один существенный аспект — антидопинговая безопасность. Даже потенциально полезный БАД не может быть рекомендован, если отсутствует уверенность в его качестве, происхождении и составе³⁴.

Таким образом, оптимальная модель нутритивной поддержки спортсменов предполагает переход от схемного назначения средств к многоэтапному алгоритму, основанному на доказательствах, индивидуальном риске и динамическом наблюдении.

Практические рекомендации

1. Перед любым нутритивным назначением спортсмену необходимо оценить его фактический рацион

³¹ Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>; International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

³² Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>; International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

³³ IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>

³⁴ IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>; World Anti-Doping Agency. The World Anti-Doping Code International Standard Prohibited List 2024. <https://www.wada-ama.org>

и рассчитать энергетическую достаточность; при ЭД индивидуально низкой или признаках проблемного НЭД — использовать МОК REDs CAT2.

2. При жалобах на утомление, снижение работоспособности, рецидивирующие травмы, нарушения менструального цикла в первую очередь исключать REDs и нутритивные причины, а не назначать БАД.

3. Базовые уровни потребления углеводов — 3–12 г/кг/сут в зависимости от объема и интенсивности нагрузки; белки — 1,6–2,2 г/кг/сут с распределением 0,3–0,4 г/кг на прием пищи.

4. Уровень ферритина < 35 мкг/л требует клинической оценки с одновременным измерением СРБ; коррекция латентного железодефицита может быть оправдана в циклических видах спорта и при симптомах утомления [4, 21].

5. Оптимальный уровень витамина D в крови у спортсменов — в диапазоне 75–125 нмоль/л.

6. Рекомендуется применять эргогенные средства только из группы А по МОК, в рабочих дозах, после индивидуальной тренировочной пробы и при наличии действующего свидетельства о государственной регистрации продукта.

7. Любой БАД и СПП должны оцениваться на индивидуальную переносимость и отсутствие допинговых субстанций.

8. Эффективность вмешательства контролируется по заранее определенным клиническим и лабораторным критериям с фиксированными сроками (как правило, 6–12 нед.).

Алгоритм принятия врачебных решений о нутритивной поддержке изображен на рисунке.

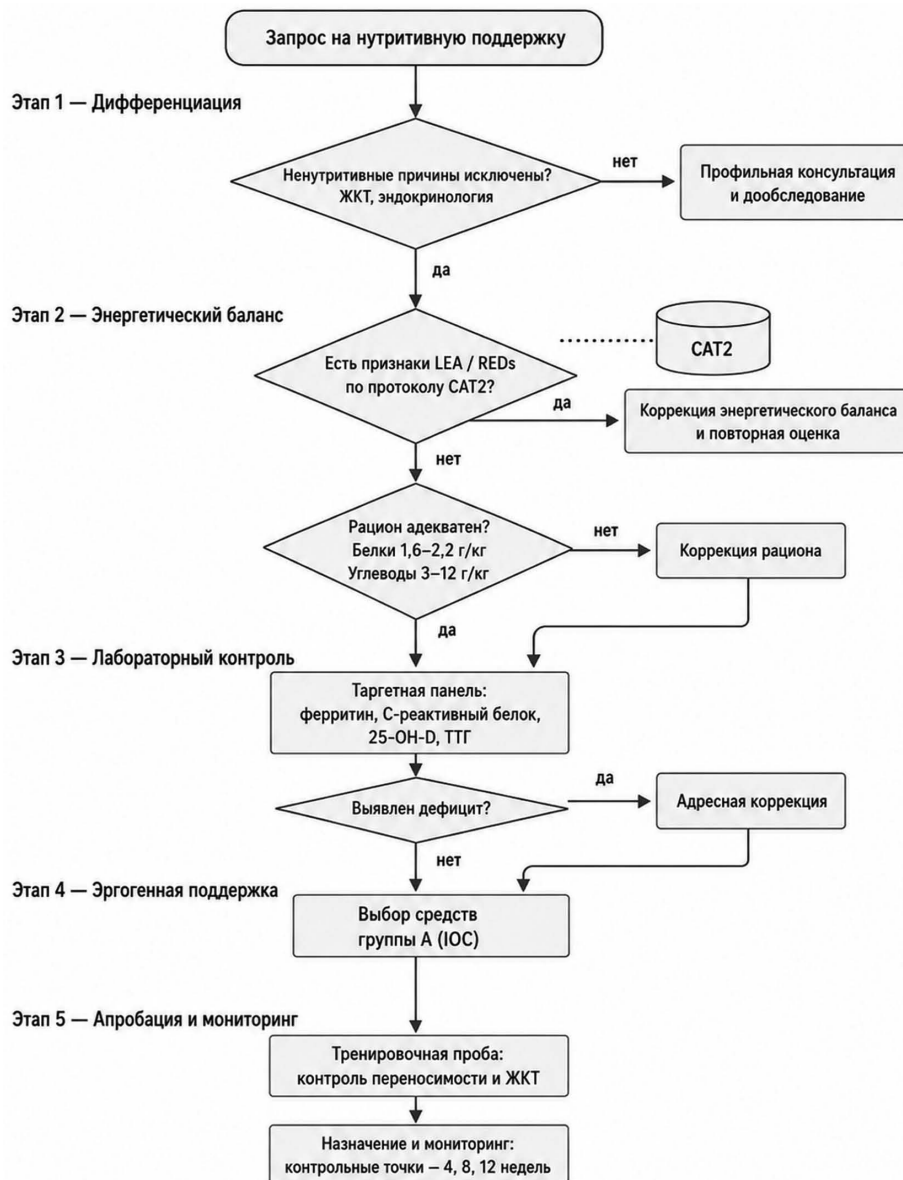


Рисунок подготовлен авторами с использованием сервиса <https://mermaid.ai/web/>

Рис. Алгоритм принятия врачебных решений о нутритивной поддержке. ЖКТ — желудочно-кишечный тракт; EA — доступность энергии; FFM — безжировая масса тела; LEA — низкая доступность энергии; REDs — синдром относительного дефицита энергии в спорте; CAT2 — многофакторная балльная шкала по оценке REDs, интегрирующая клинические, лабораторные и психометрические данные; IOC — Международный олимпийский комитет; WADA — Всемирное антидопинговое агентство

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рациональная нутритивная поддержка спортсмена — это не расширение схемы приема СПП и БАД, а последовательный алгоритм клинического решения. Он начинается с формулировки задачи, продолжается оценкой базового рациона питания и энергетической достаточности, опирается на целевую лабораторную диагностику с учетом тренировочной нагрузки и завершается минимально достаточным вмешательством

и мониторингом с заранее определенными критериями успешности. Приоритет сохраняется за коррекцией питания и энергобаланса, а БАДы применяются адресно, при доказанной пользе для конкретного типа нагрузки и при антидопинговом статусе продукта. Анализ актуальных источников литературы по вопросам питания и нутритивной поддержки спортсменов высокого класса показал, что персонализированный подход в спортивной нутрициологии — это не увеличение числа назначений СПП и БАД, а повышение точности их выбора.

Литература / References

- Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*. 2011;29(1):17–27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
- Jeukendrup AE. Periodized nutrition for athletes. *Sports Medicine*. 2017;47(1):51–63. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0694-2>
- Garthe I, Maughan RJ. Athletes and supplements: prevalence and perspectives. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2018;28(2):126–38. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0429>
- Sim M, Garvican-Lewis LA, Cox GR, Govus A, McKay AK, Stellingwerff T, et al. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *European Journal of Applied Physiology*. 2019;119(7):1463–78. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04157-y>
- Owens DJ, Allison R, Close GL. Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges. *Sports Medicine*. 2018;48(1):3–16. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0841-9>
- Heikura IA, Uusitalo ALT, Stellingwerff T, Bergland D, Mero AA, Burke LM. Low energy availability is difficult to assess but outcomes have large impact on bone injury rates in elite distance athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2018;28(4):403–11. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0313>
- Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise sports nutrition review update: research and recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15:38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>
- Close GL, Sale C, Baar K, Berman S. Nutrition for the prevention and treatment of injuries in track and field athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2019;29(2):189–97. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0290>
- Macnaughton LS, Wardle SL, Witard OC, McGlory C, Hamilton DL, Jeromson S, et al. The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports*. 2016;4(15):e12893. <https://doi.org/10.14814/phy2.12893>
- Hector AJ, Phillips SM. Protein recommendations for weight loss in elite athletes: a focus on body composition and performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2018;28(2):170–7. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0273>
- Mountjoy M, Ackerman KE, Bailey DM, Burke LM, Constantini N, Hackney AC, et al. 2023 International Olympic Committee's consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *British Journal of Sports Medicine*. 2023;57(17):1073–97. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>
- Burke LM, Castell LM, Casa DJ, Close GL, Costa RJS, Desbrow B, et al. International Association of Athletics Federations consensus statement 2019: nutrition for athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2019;29(2):73–84. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0065>
- Jeukendrup AE. Training the gut for athletes. *Sports Medicine*. 2017;47(1):101–10. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0690-6>
- Impey SG, Hearris MA, Hammond KM, Bartlett JD, Louis J, Close GL, et al. Fuel for the work required: a theoretical framework for carbohydrate periodization and the glycogen threshold hypothesis. *Sports Medicine*. 2018;48(5):1031–48. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0867-7>
- Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International society of sports nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017;14:20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(6):376–84. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
- Зилова ИС, Трушина ЭН. Белок в рационе спортсменов: обоснование уровней потребления при различной интенсивности тренировок для поддержания мышечной массы тела (краткий обзор). *Вопросы питания*. 2023;92(4):114–24. Zilova IS, Trushina EN. Protein in the athlete's diet: rationale for intake levels at different training intensities to maintain lean body mass (a brief review). *Problems of Nutrition*. 2023;92(4):114–24 (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-4-114-124>
- Lee EC, Fragala MS, Kavouras SA, Queen RM, Pryor JL, Casa DJ. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017;31(10):2920–37. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122>
- Sim M, Garvican-Lewis LA, Cox GR, Govus A, McKay AKA, Stellingwerff T, et al. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *European Journal of Applied Physiology*. 2019;119(7):1463–78. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04157-y>
- Stoffel NU, Cercamondi CI, Brittenham G, Zeder C, Geurts-Moespot AJ, Swinkels DW, et al. Iron absorption from oral iron supplements given on consecutive versus alternate days and as single morning doses versus twice-daily split dosing in iron-depleted women. *Lancet Haematology*. 2017;4(11):524–33. [https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(17\)30182-5](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(17)30182-5)

21. Rubeor A, Goojha C, Manning J, White J. Does iron supplementation improve performance in iron-deficient nonanemic athletes? *Sports Health*. 2018;10(5):400–5. <https://doi.org/10.1177/1941738118777488>
22. Zhang L, Quan M, Cao ZB. Effect of vitamin D supplementation on upper and lower limb muscle strength and muscle power in athletes: a meta-analysis. *PLoS One*. 2019;14(4):0215826. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215826>
23. Jones AM, Vanhatalo A, Seals DR, Rossman MJ, Piknova B, Jonvik KL. Dietary nitrate and nitric oxide metabolism: mouth, circulation, skeletal muscle, and exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2021;53(2):280–94. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002470>
24. Shaw G, Lee-Barthel A, Ross ML, Wang B, Baar K. Vitamin C-enriched gelatin supplementation before intermittent activity augments collagen synthesis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2017;105(1):136–43. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.138594>
25. Яшин ТА, Гришина ЖВ, Кадыкова АИ, Фещенко ВС, Жолинский АВ, Пушкина ТА. Особенности составления программ метаболической коррекции для профессиональных спортсменов и возможности их оптимизации с использованием цифровых технологий. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(2):5–12. Yashin TA, Grishina ZhV, Kadykova AI, Feshchenko VS, Zholinsky AV, Pushkina TA. Features of creating metabolic correction programs for professional athletes and the possibilities of their optimization using digital technologies. *Sports Medicine: Science and Practice*. 2022;12(2):5–12 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.8>
26. Гришина ЖВ, Ядгаров МЯ, Базанович СА, Павлова АА. Референтные интервалы уровня гемоглобина и сывороточного железа в крови профессиональных спортсменов. *Вестник гематологии*. 2021;17(4):45–6. Grishina ZhV, Yadgarov MYa, Bazanovich SA, Pavlova AA. Reference intervals for hemoglobin and serum iron levels in the blood of professional athletes. *Bulletin of Hematology*. 2021;17(4):45–6 (In Russ.). EDN: [VWVIP](https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.2.8)
27. Исаева ЕП, Окорочков ПЛ, Столярова СА. Маркеры метаболизма костной ткани у юных высококвалифицированных спортсменов. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2025;27(3):384–91. Isaeva EP, Okorokov PL, Stolyarova SA. Bone metabolism markers in young highly qualified athletes. *Extreme Medicine*. 2025;27(3):384–91 (In Russ.). <https://doi.org/10.47183/mes.2025-256>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Ж.В. Гришина — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; А.И. Кадыкова — сбор и обработка материала, редактирование; Н.С. Гладышев — сбор и обработка материала; Е.Д. Копылов — сбор и обработка материала; В.С. Фещенко — редактирование, создание концепции статьи; А.В. Жолинский — создание концепции, утверждение окончательного варианта рукописи; Р.В. Деев — редактирование, утверждение окончательного варианта рукописи.

Об авторах:

Гришина Жанна Валерьевна, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9051-9580>
 Кадыкова Анастасия Игоревна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2996-6194>
 Гладышев Никита Сергеевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-5676>
 Копылов Евгений Дмитриевич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9927-5608>
 Фещенко Владимир Сергеевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4574-6506>
 Жолинский Андрей Владимирович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0267-9761>
 Деев Роман Вадимович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8389-3841>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-500>

УДК 616.153.915:616.1:796.071.2



ФАКТОРЫ РИСКА НАРУШЕНИЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ СПОРТСМЕНОВ: ОБЗОР

А.В. Крутова^{1,2}, В.А. Мухортых^{1,2,3}, Т.А. Киселева¹, И.В. Зябкин^{1,2,4}

¹ Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

² Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия

³ Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

⁴ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

Введение. В последние годы в связи с ростом сердечно-сосудистых заболеваний и смертности среди молодых пациентов все больше внимания уделяется нарушению липидного обмена у детей. Несмотря на доказанный кардиопротективный эффект регулярных физических нагрузок, у значительной части профессиональных спортсменов (20–35,8%) выявляются нарушения липидного обмена. К ключевым факторам риска относятся: особенности питания, прием биологически активных добавок и некоторых лекарственных препаратов, чрезмерные тренировочные нагрузки и недостаточное восстановление. На сегодняшний день отсутствуют стандартизированные референтные значения показателей липидного профиля, адаптированные к возрастным, гендерным особенностям и специфике спортивной деятельности несовершеннолетних спортсменов. Также остается нерешенной задача разработки критериев стратификации риска сердечно-сосудистых заболеваний в педиатрической популяции, что приводит к поздней диагностике патологических состояний и несвоевременному назначению профилактических и терапевтических мероприятий.

Цель. Определение направлений профилактики нарушений липидного обмена у спортсменов юношеского возраста.

Обсуждение. По результатам проведенного анализа литературы выявлено, что наиболее прогностически неблагоприятными являются немодифицируемые факторы: семейная гиперхолестеринемия и повышенный уровень липопротеина (а). Среди модифицируемых факторов ключевую роль играют нутритивные нарушения (избыток насыщенных жиров и углеводов в силовых видах спорта, хронический дефицит энергии в эстетических видах), специфика вида спорта, а также бесконтрольный прием спортивных добавок и фармакологических препаратов, в особенности анаболических стероидов. Отдельного внимания заслуживает гипергомоцистемия, распространенность которой у спортсменов выше, чем в целом по популяции.

Выводы. Дислипидемии у несовершеннолетних спортсменов носят преимущественно вторичный характер, что требует комплексной оценки с учетом генетической предрасположенности, характера питания, вида спорта и фармакологического анамнеза. Обоснована целесообразность включения расширенного липидного скрининга в программу углубленных медицинских осмотров юных атлетов.

Ключевые слова: дислипидемия; сердечно-сосудистые заболевания; факторы риска; спортсмены; подростки; дети; липопротеин (а); гомоцистеин; спортивное питание; семейная гиперхолестеринемия

Для цитирования: Крутова А.В., Мухортых В.А., Киселева Т.А., Зябкин И.В. Факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний у несовершеннолетних спортсменов с дислипидемией: обзор. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):370–377. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-500>

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФМБА России № 388-00008-26-00 по теме НИР «Развитие персонализированного подхода в ведении несовершеннолетних спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации» (шифр: «Дети в спорте-25/27»).

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Крутова Александра Владимировна alkrutova@yandex.ru

Статья поступила: 05.04.2026 **После доработки:** 28.04.2026 **Принята к публикации:** 07.05.2026 **Online first:** 22.07.2026

RISK FACTORS FOR LIPID METABOLISM DISORDERS IN UNDERAGE ATHLETES: A REVIEW

Alexandra V. Krutova^{1,2}, Valery A. Mukhortykh^{1,2,3}, Tatyana A. Kiseleva¹, Ilya V. Zyabkin^{1,2,4}

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

² State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

³ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

⁴ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Introduction. In recent years, due to the increase in cardiovascular diseases and mortality among young patients, increasing attention has been paid to lipid metabolism disorders in children. Despite the proven cardioprotective effect of regular physical activity, lipid metabolism disorders are detected in a significant proportion of professional athletes (20–35.8%). Key risk factors include: dietary patterns, intake of dietary supplements and certain medications, excessive training loads, and insufficient recovery. To date, there are no standardized reference values for lipid profile parameters adapted to the age, gender characteristics, and specificity of sports activity in adolescent athletes. Furthermore, the task of developing criteria for cardiovascular risk stratification in the pediatric population remains unresolved, leading to late diagnosis of pathological conditions and untimely initiation of preventive and therapeutic interventions.

Objective. To determine the directions for the prevention of lipid metabolism disorders in adolescent athletes.

Discussion. Based on the results of the conducted literature analysis, it was revealed that the most prognostically unfavorable factors are non-modifiable factors: familial hypercholesterolemia and elevated lipoprotein(a) levels. Among modifiable factors, the key role

© А.В. Крутова, В.А. Мухортых, Т.А. Киселева, И.В. Зябкин, 2026

is played by nutritional disorders (excess saturated fats and carbohydrates in strength sports, chronic energy deficiency in aesthetic sports), the specific characteristics of the sport, as well as the uncontrolled use of sports supplements and pharmacological agents, particularly anabolic steroids. Hyperhomocysteinemia deserves special attention, as its prevalence among athletes is higher than in the general population.

Conclusions. Dyslipidemias in adolescent athletes are predominantly secondary in nature, which requires a comprehensive assessment taking into account genetic predisposition, dietary patterns, type of sport, and pharmacological history. The feasibility of including extended lipid screening in the in-depth medical examination program for young athletes has been substantiated.

Keywords: dyslipidemia; cardiovascular disease; risk factors; athletes; adolescents; children; lipoprotein(a); homocysteine; sports nutrition; familial hypercholesterolemia

For citation: Krutova A.V., Mukhortykh V.A., Kiseleva T.A., Zybakin I.V. Risk factors for lipid metabolism disorders in underage athletes: A review. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):370–377. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-500>

Funding. The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Medical-Biological Agency (FMBA) of Russia No. 388-00008-26-00 on the topic of research and development (R&D) “Developing a personalized approach to managing underage athletes in the national sports teams of the Russian Federation” (code: “Children in Sport-25/27”).

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Alexandra V. Krutova alkrutova@yandex.ru

Received: 5 Apr. 2026 **Revised:** 28 Apr. 2026 **Accepted:** 7 May 2026 **Online first:** 22 July 2026

ВВЕДЕНИЕ

Липиды выполняют ключевые метаболические функции в детском организме, динамически изменяющиеся с возрастом. Если на раннем этапе их основная роль — структурная (формирование нервной ткани и миелиновых оболочек), то к подростковому периоду на первый план выходят энергетическая и гормональная функции [1]. В пубертатном периоде обмен жиров тесно связан с работой эндокринной системы: меняется чувствительность тканей к гормонам, регулирующим липолиз, что приводит к изменению липидного профиля крови [2]. Таким образом, возрастная динамика липидного обмена отражает общую перестройку организма на разных этапах развития.

Скорость и направленность липидного обмена зависят от характера питания, энергетических затрат, функционального состояния печени и жировой ткани, а также во многом детерминированы генетической предрасположенностью. Нарушение регуляции любого из звеньев может привести к дисбалансу липидного профиля и способствовать развитию таких заболеваний, как атеросклероз и ожирение.

Анализ медицинской статистики за последние 20 лет выявляет тревожную тенденцию к росту сердечно-сосудистых заболеваний и смертности среди молодых пациентов [3]. Современные исследования доказывают, что патологические изменения липидного профиля могут формироваться с раннего возраста и сохраняться на протяжении всей жизни, способствуя раннему развитию атеросклероза [4].

Особое внимание в последние годы уделяется изучению липидного обмена у несовершеннолетних профессиональных спортсменов. Несмотря на доказанный кардиопротективный эффект регулярных физических нагрузок, исследования показывают высокую частоту (20–35,8%) дислипидемий среди элитных спортсменов [5, 6], а атеросклероз является причиной внезапной сердечной смерти у 2–20% молодых спортсменов [7]. На липидный профиль спортсменов влияют особенности питания, вид спорта и уровень нагрузок. Диеты с высоким содержанием насыщенных жиров и транс-жиров могут приводить к повышению уровня липопротеинов

низкой плотности (ЛПНП) и триглицеридов (ТГ), в то время как прием биологически активных добавок (БАД) и некоторых лекарственных препаратов, чрезмерные тренировочные нагрузки и недостаточное восстановление способствуют возникновению дислипидемий [8, 9]. Несмотря на высокую клиническую значимость проблемы, в настоящее время отсутствуют стандартизированные референтные значения липидного профиля, адаптированные к возрастным, гендерным особенностям и специфике спортивной деятельности несовершеннолетних спортсменов.

Стратификация риска сердечно-сосудистых заболеваний у детей остается сложной задачей ввиду недостаточной доказательной базы и отсутствия унифицированных алгоритмов для детей с нарушениями липидного обмена, что приводит к поздней диагностике и несвоевременному назначению терапии. Среди факторов риска развития атеросклероза выделяют модифицируемые (образ жизни, питание, прием БАД, уровень гомоцистеина) и немодифицируемые (генетическая предрасположенность, повышенный уровень липопротеина (а), возраст и пол), причем последние требуют особого внимания в педиатрической практике.

Цель работы — определение направлений профилактики нарушений липидного обмена у спортсменов юношеского возраста.

Проведен анализ отечественных и зарубежных научных публикаций (PubMed, Scopus, Web of Science, РИНЦ, CyberLeninka) по ключевым словам: дислипидемия, сердечно-сосудистые заболевания, спортсмены, дети, подростки, факторы риска, липопротеин (а), гомоцистеин, спортивное питание. Глубина поиска — 10 лет. Критерии включения: полнотекстовые статьи на русском или английском языке; изучаемые группы — дети и подростки 6–18 лет, занимающиеся организованным спортом; типы исследований — наблюдательные исследования, систематические обзоры, метаанализы, позиционные документы экспертных обществ. Критерии исключения: исследования только на взрослых (>21 года) без детской подгруппы, аннотации/тезисы, работы на других языках. Дубликаты удалялись автоматически по DOI; при пересечении выборок из одной когорты отбиралась публикация с наиболее полными данными.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При оценке липидного профиля у спортсменов пубертатного возраста принципиальное значение имеет разграничение физиологических возрастных изменений и патологических состояний. Период полового созревания характеризуется транзиторной инсулинорезистентностью, обусловленной воздействием гормона роста и половых стероидов, что сопровождается преходящим снижением уровня липопротеинов высокой плотности и повышением триглицеридов [10]. Эта физиологическая перестройка создает фон, на котором спортивные факторы риска могут оказывать потенцированное действие.

Немодифицируемые факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний

Генетический характер нарушений липидного обмена является наиболее неблагоприятным фактором, практически всегда приводящим к развитию атеросклероза. Семейная гиперхолестеринемия (СГХС) — наследственное аутосомно-доминантное заболевание, обусловленное мутациями генов, кодирующих рецептор ЛПНП (LDLR, 85%), аполипопротеин В-100 (APOB, 5%) и профермент пропротеин-конвертаза субтилин/кексин типа 9 (PCSK9, 1%), сопровождающееся стойким повышением уровня общего холестерина (ОХ) и ЛПНП. Заболевание проявляется в виде двух форм: гетерозиготной и гомозиготной, имеющей более тяжелое течение.

Дифференциально-диагностическими критериями, позволяющими заподозрить СГХС у юного спортсмена, служат [10]:

- уровень ЛПНП $\geq 4,9$ ммоль/л в двух последовательных анализах на фоне соблюдения гиполипидемической диеты в течение 3 мес.;
- уровень ЛПНП ≥ 4 ммоль/л в сочетании с ранним сердечно-сосудистым заболеванием (ССЗ) (у мужчин в возрасте < 55 лет, у женщин < 60 лет) и/или высоким уровнем ХС-ЛПНП ($\geq 4,9$ ммоль/л) у родственника первой степени родства;
- уровень ЛПНП $\geq 3,5$ ммоль/л в сочетании с генетически подтвержденным диагнозом СГХС у одного из родителей.

Липопротеин (а) (Лп(а)) является значимым и независимым фактором риска раннего атеросклероза [11]. По составу он схож с ЛПНП, однако помимо аполипопротеина В содержит специфический аполипопротеин (а), придающий молекуле уникальные атерогенные свойства [12]. Из-за особенностей строения Лп(а) активно проникает в сосудистую стенку, окисляется и поглощается макрофагами, инициируя каскад воспалительных реакций и ускоряя липидную инфильтрацию интимы. Критическим механизмом патогенного действия Лп(а) является его способность нарушать фибринолиз. Благодаря сходству с плазминогеном он блокирует связывание последнего с фибрином, подавляя рассасывание тромбов. Это свойство в сочетании с провоспалительной активностью повышает вероятность тромботических осложнений (инфаркта, инсульта) при дестабилизации атеросклеротической бляшки [13].

Концентрация Лп(а) более чем на 90% предопределена наследственностью и остается относительно постоянной у конкретного человека [14]. Множество исследований доказывают неизменность данного показателя, несмотря на интенсивность и вариабельность физических нагрузок и особенностей питания, что отличает его от других липидных параметров. Согласно современным рекомендациям измерение Лп(а) достаточно провести один раз в жизни для стратификации риска ССЗ [15, 16]. Референсные значения варьируют в зависимости от этнической принадлежности: наиболее высокие уровни характерны для африканских популяций, более низкие — для азиатских и европейских [17].

В отношении детского возраста данные противоречивы. Ранее считалось, что уровень Лп(а) стабилизируется к 2 годам [18], более поздние наблюдения за детьми с гиперлипидемией ($n = 2740$) показали его повышение с возрастом [19]. Доказано, что у детей и подростков концентрация Лп(а) свыше 30 мг/дл служит маркером высокого риска ишемического инсульта (как первого, так и повторного) [13]. Несмотря на то что общий липидный профиль у юных спортсменов активно изучается, данные именно по Лп(а) в этой группе ограничены, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований.

Таким образом, генетические факторы (СГХС, высокий Лп(а)) создают базовый уровень риска, который практически не меняется под влиянием тренировок. Однако у большинства юных спортсменов ведущую роль играют именно модифицируемые факторы, анализ которых позволяет проводить эффективную первичную и вторичную профилактику.

Модифицируемые факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний

По данным кросс-секционного исследования, у 52,7% пациентов причиной вторичной дислипидемии является эндокринная патология, причем в 25% случаев нарушения липидного обмена возникают у детей с ожирением или избыточной массой тела [20]. Нарушения липидного обмена у спортсменов могут также носить вторичный характер, проявляясь в умеренном повышении атерогенных липидов, обратимом при коррекции питания и режима физических нагрузок.

Нутритивные аспекты формирования дислипидемии в спортивной практике

Современная спортивная нутрициология рассматривает питание не только как способ восполнения энерготрат, но и как активное средство повышения физической работоспособности [21]. Нутритивная поддержка несовершеннолетних спортсменов требует особого внимания. Рацион юного атлета должен быть сбалансирован таким образом, чтобы удовлетворять как высокие тренировочные запросы, так и потребности продолжающегося роста [22]. Отличия в нутритивной поддержке между видами спорта на выносливость и силовыми дисциплинами требуют строго персонализированного подхода [23, 24].

В скоростно-силовых видах спорта, таких как тяжелая атлетика, распространен прием продуктов

с высоким содержанием насыщенных жиров (из красного мяса, яиц, сливочного масла и др.) и простых углеводов (для быстрого восполнения гликогена). Для данных видов спорта характерны циклы набора мышечной массы с последующей сгонкой веса. Во время сгонки веса, особенно безуглеводными методами, развивается не только инсулинорезистентность, но и компенсаторное повышение липогенеза в печени после возвращения спортсмена к обычному питанию (эффект рикошета), что ведет к росту липопротеинов очень низкой плотности и ТГ [25]. Высокоуглеводное питание с высоким гликемическим индексом, используемое спортсменами для поддержания высокой мощности и быстрого восстановления между интенсивными тренировками, является доказанным фактором развития гипертриглицеридемии [26].

Спортсмены, занимающиеся художественной гимнастикой, фигурным катанием, синхронным плаванием, строго контролируют свой вес, находясь в состоянии хронической низкой доступности энергии. В результате данного состояния замедляется липолиз, и организм начинает накапливать жир даже при минимальном поступлении калорий, что усугубляет дислипидемию на фоне истощения [27]. Даже спустя годы после завершения карьеры бывшие спортсменки эстетических видов спорта демонстрируют более высокие показатели субклинического атеросклероза и инсулинорезистентности по сравнению с контрольной группой аналогичного возраста и видов спорта, не чувствительных к весу. Это позволяет предположить, что ранние нутритивные нарушения имеют долгосрочные последствия для липидного обмена. Также к видам спорта с высоким риском и частотой формирования синдрома относительного дефицита энергии относят лыжные гонки, бег, спортивную ходьбу (марафоны) [28].

Питание тесно связано с видом спортивной деятельности: в одних дисциплинах преобладают гиперкалорийные диеты с избытком жиров, в других — хронический дефицит энергии. Однако и сама специфика вида спорта может самостоятельно влиять на липидный профиль.

Влияние специфики вида спорта на липидный обмен

Вид спортивной деятельности выступает независимым фактором, влияющим на липидный профиль. Это связано не только с особенностью питания, но и с характером тренировочного процесса. Максимальный уровень ТГ отмечается у спортсменов, занимающихся видами спорта с низким уровнем энерготрат (стрельба из лука, конный спорт, гольф, стрельба, парусный спорт и др.), что объясняется преобладанием гиподинамических тренировок, имеющих минимальные энергозатраты. В видах спорта с низким двигательным компонентом мышцы не выступают в роли эффективного «депо» и утилизатора субстратов, что создает предпосылки для развития инсулинорезистентности и, как следствие, повышения уровня триглицеридов [6].

У спортсменов игровых видов спорта и единоборств триглицеридемия, вероятно, имеет иное происхождение и связана с высокоинтенсивной анаэробной

работой, которая вызывает значительный выброс катехоламинов и кортизола, стимулирующих липолиз и повышение свободных жирных кислот в крови [29, 30]. Несмотря на большую мышечную массу (увеличение пула метаболически активных тканей, потребляющих липиды), у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта, кратковременные, но экстремальные усилия не приводят к значительному расходованию жиров как источников энергии во время самой тренировки, что способствует сохранению более высокого базального уровня липидов [31].

В отличие от описанных выше групп, у спортсменов циклических видов (легкая атлетика, плавание, гребля) на фоне высокого объема аэробной нагрузки наблюдается наиболее благоприятный липидный профиль: снижение уровня триглицеридов и повышение концентрации липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), что рассматривается как фактор защиты от атеросклероза. Указанные особенности связаны с увеличением активности в мышцах липопротеинлипазы, которая утилизирует жирные кислоты с целью получения энергии [32].

Спортивное питание и биологически активные добавки как фактор риска развития дислипидемии у спортсменов

Прием биологически активных добавок и фармакологических препаратов способен как маскировать, так и усугублять дислипидемию, вызванную диетой и видом спорта. Эти средства часто бесконтрольно используются юными атлетами и требуют отдельного анализа.

Современный спорт высоких достижений неразрывно связан с активным применением специализированных биологически активных добавок и спортивного питания. Спектр употребляемых веществ чрезвычайно широк: от безобидных витаминно-минеральных комплексов до мощных фармакологических агентов, напрямую вмешивающихся в метаболизм спортсмена. В отличие от стран с развитой системой спортивной фармакологической поддержки, в РФ сохраняется высокая доступность потенциально опасных жиросжигателей и гормонов через интернет-торговлю без врачебного контроля. Согласно опросу, проведенному среди учащихся старших классов спортивных школ ($n = 225$), 94% респондентов применяли спортивные добавки в течение последнего года, при этом лишь 24% были уверены в прохождении этими продуктами сертификации, а осведомленность о способах приобретения сертифицированных добавок была низкой (22–25%) [33].

В зависимости от влияния на организм спортсмена они подразделяются на две большие группы:

- прямое влияние на обмен веществ. Задача данных препаратов усилить анаболические процессы, ускорить сжигание жира, повысить силовые показатели или выносливость, минуя естественные физиологические ограничения. К ним относятся анаболические стероиды, селективные модуляторы андрогенных рецепторов (SARMs), жиросжигатели (термогеники и липотропики), блокаторы кортизола и другие препараты, меняющие гормональный фон и метаболический обмен;

- восполнение дефицита и энергии. Задача: обеспечить организм энергетическими субстратами (глюкозой, свободными жирными кислотами, аминокислотами) и нутриентами для метаболической поддержки в условиях повышенного расходования ресурсов. Это классическое спортивное питание: протеиновые смеси, гейнеры, аминокислоты (аминокислоты с разветвленной цепью, незаменимые аминокислоты), изотоники, витаминно-минеральные комплексы, омега-3 жирные кислоты.

Прием спортивного питания и БАД оказывает существенное влияние на липидный профиль крови. Причем это влияние может быть как прямым, так и опосредованным.

Самой частой причиной тяжелых дислипидемий у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта, является употребление анаболических стероидов (тестостерон, нандролон, станозолол, метандиенон) [34]. Андрогены являются мощными индукторами гена, отвечающего за синтез печеночной липазы. Под действием стероидов активность этого фермента резко возрастает (в 2–3 раза выше референсных значений). Гиперактивная печеночная липаза начинает слишком быстро утилизировать ЛПВП, в результате чего их концентрация резко снижается. Также андрогены подавляют экспрессию (активность) генов, отвечающих за синтез рецепторов к ЛПНП. Рецепторов становится мало, и печень теряет способность эффективно захватывать ЛПНП из крови. Уровень «плохого» холестерина растет. По данным исследований андрогены способны значительно повышать уровень Лп(а), однако его механизм до конца не ясен, но предполагается прямое влияние на синтез этого белка в печени. Другие сведения указывают на то, что уровень Лп(а) может возрастать на 20–30% и более [35]. Даже после отмены анаболических стероидов липидный профиль восстанавливается медленно.

Жиросжигатели (кофеин и синефрин) мобилизуют жирные кислоты из адипоцитов. В крови растет уровень свободных жирных кислот. Если тренировка низкоинтенсивная, мышцы их не утилизируют, и они возвращаются в печень, усиливая синтез триглицеридов [36]. Избыток простых углеводов в пищевых добавках (особенно с высоким гликемическим индексом) на фоне высококалорийных диет может приводить к липогенезу в печени — превращению углеводов в жиры (триглицериды) [37].

Употребление креатина может опосредованно воздействовать на уровень липидов в крови. Креатин вызывает задержку внутриклеточной жидкости, что приводит к гемодилуции или, наоборот, при недостаточном питье — к сгущению крови. Это может влиять на концентрационные показатели липидов в анализе крови, не меняя их абсолютного количества. Большинство исследователей не находят значимого влияния креатина на липидный профиль, однако приводятся сведения о его влиянии на экспрессию генов, связанную с метаболизмом холестерина в печени [38].

Таким образом, при оценке липидного профиля спортсмена необходимо учитывать не только вид спорта, но и его фармакологический и нутрицевтический анамнез. Применение спортивного питания и БАД у юных атлетов требует особого внимания

и пристального контроля со стороны спортивного врача или тренера.

Наряду с классическими липидными параметрами (ОХ, ЛПНП, ТГ, ЛПВП) и Лп(а) дополнительным фактором риска, чувствительным к уровню физических нагрузок, является гомоцистеин. Его оценка расширяет возможности скрининга, особенно у спортсменов с отягощенным семейным анамнезом или признаками эндотелиальной дисфункции.

Гомоцистеин как фактор риска развития сердечно-сосудистых заболеваний

Гомоцистеин — серосодержащая аминокислота, которая образуется в организме в процессе метаболизма незаменимой аминокислоты метионина. Нормальный уровень гомоцистеина в плазме крови поддерживается за счет адекватного поступления витаминов группы В. Наиболее частой причиной гипергомоцистеинемии является недостаток фолата (B_{12}), витамина B_{12} и витамина B_6 , реже — мутация в гене *MTHFR* (C677T), снижающая активность ключевого фермента в метаболизме фолата. Частота мутации выявляется у 8,2–13,5% детей [39].

При их дефиците или генетических изменениях метаболизм гомоцистеина нарушается, и его уровень в крови повышается (гипергомоцистеинемия) [40]. Метаанализ 27 публикаций показал, что повышение уровня гомоцистеина на 5 мкмоль/л увеличивает риск ишемической болезни сердца на 60% у мужчин и на 80% у женщин [41]. Высокий уровень гомоцистеина оказывает повреждающее действие на сосуды путем прямого повреждения эндотелия, снижая его способность производить сосудорасширяющий фактор — оксид азота. Также гомоцистеин стимулирует образование свободных радикалов, которые усиливают повреждение сосудистой стенки. Стимулирование роста клеток в стенке артерии способствует утолщению и уплотнению сосудов. Параллельно гомоцистеин активирует воспалительные процессы в атеросклеротической бляшке и повышает свертываемость крови, усиливая риск тромбообразования [42], что объясняет высокий интерес к изучению вклада гомоцистеина в развитие сердечно-сосудистых заболеваний.

Выявление высокого уровня гомоцистеина требует исключения почечной недостаточности, гипотиреоза, псориаза, онкологической патологии. Курение, чрезмерное употребление кофе, алкоголя, низкая физическая активность и прием лекарственных препаратов (метотрексат, противосудорожные препараты (карбамазепин, фенитоин)) также способствуют повышению данного показателя [43, 44].

Нормальные значения гомоцистеина колеблются в зависимости от пола, возраста и этнической принадлежности. На основании имеющихся публикаций допустимый уровень гомоцистеина в крови у детей 3–6 лет составляет 5,0–8,5 мкмоль/л, 6–10 лет — 5,5–9,5 мкмоль/л, у подростков 10–18 лет — 6,0–11,0 мкмоль/л (по некоторым источникам до 12 мкмоль/л) [45].

Гипергомоцистеинемия у спортсменов встречается в 55% случаев, в отличие от общей популяции — 35%. Длительность, интенсивность и режим физических

нагрузок по-разному влияют на уровень гомоцистеина [46]: высокоинтенсивные тренировки могут способствовать повышению уровня гомоцистеина [47]. В литературе имеются данные о благоприятном влиянии физических нагрузок на уровень гомоцистеина в крови, однако исследований по оценке этого показателя у несовершеннолетних спортсменов недостаточно, что требует дальнейшего изучения [48].

Стратификация риска развития атеросклероза у несовершеннолетних спортсменов

Обобщая данные о немодифицируемых и модифицируемых факторах, можно предложить практический алгоритм стратификации риска, который объединит все рассмотренные звенья в единую систему (рис.). При наличии двух и более факторов умеренного риска пациент относится к группе высокого риска. Прием анаболических стероидов, жиросжигателей, гейнеров и высокоуглеводных/высокожировых продуктов (например, некоторых протеиновых батончиков) автоматически повышает риск до высокого, независимо от лабораторных показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несовершеннолетние спортсмены подвержены более широкому спектру факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний, чем их сверстники, не имеющие интенсивных физических нагрузок. Нарушения питания

в детско-юношеском спорте имеют свою специфику: в силовых дисциплинах преобладает избыточное потребление насыщенных жиров и простых углеводов, в эстетических — хронический дефицит энергии, что приводит к нарушению липидного обмена. Вид спорта выступает независимым предиктором липидного профиля. Максимальные значения триглицеридов регистрируются у представителей технических дисциплин с низкими энерготратами, наиболее благоприятные показатели — у спортсменов циклических видов спорта. Прием спортивных добавок и фармакологических препаратов может существенно влиять на липидный обмен. Наибольшую опасность представляют анаболические стероиды, вызывающие стойкое снижение липопротеинов высокой плотности и повышение атерогенных фракций. Жиросжигатели и высокоуглеводные смеси также способны негативно влиять на липидный обмен.

Таким образом, оценка сердечно-сосудистого риска у несовершеннолетних спортсменов требует комплексного подхода, учитывающего характер питания, специфику тренировочного процесса и фармакологический анамнез. Дислипидемии в этой популяции носят преимущественно вторичный характер и потенциально коррегируемы при своевременном обнаружении и адекватном вмешательстве. Выявленные закономерности диктуют необходимость включения расширенного липидного скрининга и обязательного сбора нутритивного, фармакологического, наследственного анамнеза в алгоритм углубленного медицинского обследования несовершеннолетних спортсменов.



Рисунок подготовлен авторами

Рис. Стратификация риска развития атеросклероза у несовершеннолетних спортсменов. ОХ — общий холестерин; ЛПНП — липопротеины низкой плотности («плохой» холестерин); ТГ — триглицериды; ЛПВП — липопротеины высокой плотности («хороший» холестерин); ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания; ИМТ — индекс массы тела. Референсные значения приведены для подростков 10–18 лет

Литература / References

1. Taageby Nielsen S, Mohr Lytsen R, Strandkjær N, Rasmussen IJ, Sillesen AS, Hansen ML, et al. Significance of lipids, lipoproteins, and apolipoproteins during the first 14–16 months of life. *European Heart Journal*. 2023;44:4408–18. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad547>
2. Veldhuis JD, Roemmich JN, Richmond EJ, Rogol AD, Lovejoy JC, Sheffield-Moore M, et al. Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and puberty. *Endocrine Review*. 2005;26(1):114–46. <https://doi.org/10.1210/er.2003-0038>
3. Драпкина ОМ, Имаева АЭ, Куценко ВА, Капустина АВ, Баланова ЮА, Максимов СА и др. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации. Третье обследование. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023;22(8S):92–104.
Drapkina OM, Imaeva AE, Kutsenko VA, Kapustina AV, Balanova YuA, Maksimov SA, et al. Dyslipidemia in the Russian Federation: population data, associations with risk factors. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(8S):92–104 (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3791>
4. de Ferranti SD, Steinberger J, Ameduri R, Baker A, Gooding H, Kelly AS, et al. Cardiovascular risk reduction in high-risk pediatric patients: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2024;149(13):e1078–103. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001218>
5. Lippi G, Schena F, Salvagno GL, Montagnana M, Ballestrieri F, Guidi GC. Comparison of the lipid profile and lipoprotein(a) between sedentary and highly trained subjects. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 2006;44(3):322–6. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2006.056>
6. Di Gioia G, Buzzelli L, Maestrini V, Nenna A, Monosilio S, Squeo MR, et al. Lipid profile in olympic athletes: proposal for a “lipid athlete score” as a clinical tool to identify high-risk athletes. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(23):7449. <https://doi.org/10.3390/jcm12237449>
7. Petek BJ, Churchill TW, Moulson N, Kliethermes SA, Baggish AL, Dreznar JA, et al. Sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association athletes: a 20-year study. *Circulation*. 2024;149(2):80–90. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.065908>
8. Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, Addolorato G, Ammirati E, Baddour LM, et al. Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019: Update from the GBD 2019 Study. *JACC*. 2020;76(25):2982–3021. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>
9. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(7):439–55. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
10. Mach F, Baigent C, Catapano AL, Koskinas KC, Casula M, Badimon L, et al. 2019 ESC/EAS guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk. *European Heart Journal*. 2020;41(1):111–88. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz455>
11. Vinci P, Di Girolamo FG, Panizon E, Tosoni LM, Cerrato C, Pellicori F, et al. Lipoprotein(a) as a risk factor for cardiovascular diseases: pathophysiology and treatment perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(18):6721:1–25. <https://doi.org/10.3390/ijerph20186721>
12. Reyes-Soffer G, Ginsberg HN, Berglund L, Duell PB, Heffron SP, Kamstrup PR, et al. Lipoprotein(a): a genetically determined, causal, and prevalent risk factor for atherosclerotic cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2022;42(1):e48–60. <https://doi.org/10.1161/ATV.0000000000000147>
13. Kronenberg F, Mora S, Stroes ESG, Ference BA, Arsenault BJ, Berglund L, et al. Lipoprotein(a) in atherosclerotic cardiovascular disease and aortic stenosis: a European Atherosclerosis Society consensus statement. *European Heart Journal*. 2022;43(39):3925–46. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac361>
14. Nordestgaard BG, Langsted A. Lipoprotein(a) and cardiovascular disease. *The Lancet*. 2024;404(10459):1255–64. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01308-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01308-4)
15. Björnson E, Adiels M, Taskinen MR, Borén J. Lipoprotein(a) is markedly more atherogenic than LDL: an apolipoprotein B-based genetic analysis. *JACC*. 2024;83(3):385–95. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.10.039>
16. Nordestgaard BG, Langsted A. Lipoprotein(a) and cardiovascular disease. *The Lancet*. 2024;404(10459):1255–64. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01308-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01308-4)
17. Paré G, Çaku A, McQueen M, Anand SS, Enas E, Clarke R, et al. Lipoprotein(a) levels and the risk of myocardial infarction among 7 ethnic groups. *Circulation*. 2019;139:1472–82. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034311>
18. Taageby Nielsen S, Mohr Lytsen R, Strandkjær N, Rasmussen IJ, Sillesen AS, Hansen ML, et al. Significance of lipids, lipoproteins, and apolipoproteins during the first 14–16 months of life. *European Heart Journal*. 2023;44:4408–18. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad547>
19. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2016;116(3):501–28. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
20. Constantin AT, Delia C, Tudor LM, Rosca I, Irimie AD, Năstase L, et al. Dyslipidemia in pediatric patients: a cross-sectional study. *Medicina*. 2023;59(8):1434. <https://doi.org/10.3390/medicina59081434>
21. Burke LM, Hawley JA, Jeukendrup A, Morton JP, Stellingwerff T, Maughan RJ. Toward a common understanding of diet-exercise strategies to manipulate fuel availability for training and competition preparation in endurance sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2018;28(5):451–63. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2018-0289>
22. Desbrow B, Burd NA, Tamopolsky M, Moore DR, Elliott-Sale KJ. Nutrition for special populations: young, female, and masters athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2019;29(2):220–7. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2018-0269>
23. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(7):439–55. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
24. Collins J, Maughan RJ, Gleeson M, Bilborough J, Jeukendrup A, Morton JP, et al. UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *British Journal of Sports Medicine*. 2021;55(8):416. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101961>
25. Mizelman E, Chilibeck PD, Hanifi A, Kaviani M, Brenna E, Zello GA. A low-glycemic index, high-fiber, pulse-based diet improves lipid profile, but does not affect performance in soccer players. *Nutrients*. 2020;12(5):1324. <https://doi.org/10.3390/nu12051324>
26. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Donnell SM, et al. Low energy availability in athletes 2020: an updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. *Nutrients*. 2020;12(3):835. <https://doi.org/10.3390/nu12030835>

27. Gulati R, Rychlik K, Wild JT, LaBella CR. Rhythmic gymnasts' injuries in a pediatric sports medicine clinic in the United States: a 10-year retrospective chart review. *The Physician and Sportsmedicine*. 2022;50(5):454–60. <https://doi.org/10.1080/00913847.2022.2040890>
28. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Ackerman KE, Blauwet C, Constantini N, et al. International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2018;28(4):316–31. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0136>
29. Şahin M, Özdemir S, Civan AH, Uzun ME, Çetin T, Pişkin M. Acute effect of anaerobic exercise on cortisol, growth and testosterone hormone levels. *Online Journal of Recreation and Sports*. 2023;12(4):566–72. <https://doi.org/10.22282/tojras.1306820>
30. Henderson GC, Meyer JM. Transient elevation of triacylglycerol content in the liver: a fundamental component of the acute response to exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2021;130(4):1293–303. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00930.2020>
31. Klyuchnikov SO, Grishina ZV, Yashin TA, Feshchenko VS, Zholinsky AV, Bushueva IE, et al. Reference intervals for lipid biomarkers in youth athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2025;65(9):1221–5. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.25.16150-1>
32. Franczyk B, Gluba-Brzózka A, Ciałkowska-Rysz A, Ławiński J, Rysz J. The impact of aerobic exercise on HDL quantity and quality: a narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(5):4653. <https://doi.org/10.3390/ijms24054653>
33. Wardenaar FC, Lybberth H, Morton L, Schott KD, Shumate C, Levinson S, et al. High school athletes' use and knowledge of (safe) nutritional supplement use: an exploratory study. *Journal of Dietary Supplements*. 2024;21(4):478–94. <https://doi.org/10.1080/19390211.2023.2301361>
34. Iliakis P, Stamou E, Kasiakogias A, Manta E, Sakalidis A, Vakka A, et al. Anabolic-androgenic steroids induced cardiomyopathy: a narrative review of the literature. *Biomedicine*. 2025;13(9):2190. <https://doi.org/10.3390/biomedicine13092190>
35. Enkhmaa B, Berglund L. Non-genetic influences on lipoprotein(a) concentrations. *Atherosclerosis*. 2022;349:53–62. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2022.04.006>
36. Harpaz E, Tamir S, Weinstein A, Weinstein Y. The effect of caffeine on energy balance. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*. 2017;28(1):1–10. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2016-0090>
37. Parry SA, Hodson L. Influence of dietary macronutrients on liver fat accumulation and metabolism. *Journal of Investigative Medicine*. 2017;65(8):1102–15. <https://doi.org/10.1136/jim-2017-000524>
38. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017;14:18. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
39. Caldeira-Araújo H, Ramos R, Florindo C, Rivera I, Castro R, Tavares de Almeida I. Homocysteine metabolism in children and adolescents: influence of age on plasma biomarkers and correspondent genotype interactions. *Nutrients*. 2019;11(3):646. <https://doi.org/10.3390/nu11030646>
40. Undas A, Perla-Kaján J, Głowacki R. Homocysteine in adult patients with cardiovascular disease: is it clinically relevant in 2025? A tribute to Hieronim Jakubowski (1946–2025). *Polish Archives of Internal Medicine*. 2025;135(5):art.17012. <https://doi.org/10.20452/pamw.17012>
41. Refsum H, Ueland PM, Nygård O, Vollset SE. Homocysteine and cardiovascular disease. *Annual Review of Medicine*. 1998;49:31–62. <https://doi.org/10.1146/annurev.med.49.1.31>
42. Hurjui LL, Tarniceriu CC, Serban DN, Lozneanu L, Bordeianu G, Nedelcu AH, et al. Homocysteine attack on vascular endothelium-old and new features. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025;26(13):6298. <https://doi.org/10.3390/ijms26136298>
43. Hernández-Rubio A, Bueno L, Mantellini CL, Caballeria E, Oliveras C, Llorente A, et al. Metabolomics in the study of alcohol use disorder: a systematic review. *Psychiatry Research*. 2025;344:116766. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2025.116766>
44. Spence JD. Homocysteine lowering for stroke prevention: unravelling the complexity of the evidence. *International Journal of Stroke*. 2016;11(7):744–47. <https://doi.org/10.1177/1747493016662038>
45. Bergwerff CE, Luman M, Blom HJ, Oosterlaan J. Paediatric reference values for total homocysteine, tryptophan, tyrosine and phenylalanine in blood spots. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 2017;77(6):410–4. <https://doi.org/10.1080/00365513.2017.1334167>
46. Leuzzi R, Meneghini C, Galli F. Exercise and homocysteine: a systematic review and meta-analysis of interventional studies. *Sports Medicine*. 2023;53(8):1553–70. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01842-5>
47. Дикунец МА, Дудко ГА, Вирюс ЭД, Федотова ЕВ. Динамика предшественников гомоцистеина и метилирования у биатлонистов высокого класса на этапах подготовительного периода годичного цикла. *Теория и практика физической культуры*. 2024;(7):29–31. Dikunets MA, Dudko GA, Viryus ED, Fedotova EV. Dynamics of homocysteine precursors and methylation index in high-class biathletes at the stages of the preparatory period of the annual cycle. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2024;(7):29–31 (In Russ.). EDN: [OAULUF](https://orcid.org/0009-0009-8905-5342)
48. Shliakhova N, Rak L, Muzhanovskiy V. Homocysteine as a biomarker of physical activity and exercise tolerance in adolescent children. *Physical Rehabilitation and Health Technologies*. 2024;9(4):269–84. [https://doi.org/10.15391/prrht.2024-9\(4\).07](https://doi.org/10.15391/prrht.2024-9(4).07)

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: А.В. Крутова — концептуализация, формирование структуры работы, написание черновика рукописи, редактирование; В.А. Мухортых — работа с источниками литературы (поиск, анализ, систематизация), написание введения, резюме; Т.А. Киселева — работа с источниками литературы, написание основной части рукописи; И.В. Зябкин — критический пересмотр текста рукописи, утверждение окончательного варианта статьи.

Об авторах:

Крутова Александра Владимировна, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8905-5342>

Мухортых Валерий Алексеевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8549-9493>

Киселева Татьяна Александровна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7061-8007>

Зябкин Илья Владимирович, д-р. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-5872>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-430>

УДК 612.825:615.851.81



ВЛИЯНИЕ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ ПО БЕТА-РИТМУ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ-МУЖЧИН В ПЕРИОД УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СБОРОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ

Ю.В. Корягина¹, Ю.В. Кушнарева¹, С.В. Нопин¹, А.С. Нопин², О.С. Збицкая¹, С.М. Абуталимова¹¹ Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия² Российский университет медицины, Москва, Россия

Введение. Нейробиоуправление — технология, основанная на принципах биологической обратной связи по ритмам головного мозга. Перспективы его применения в восстановительной и спортивной медицине связывают с неинвазивным и нефармакологическим воздействием, вызывающим изменения функционального состояния по управляемым параметрам и функциям организма. В настоящее время в спортивной медицине широко применяется нейробиоуправление по альфа-ритму головного мозга, в то время как эффекты нейробиоуправления по бета-ритму практически не исследованы.

Цель. Изучение влияния нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга на функциональное состояние систем организма спортсменов-мужчин в период интенсивных тренировок на учебно-тренировочных сборах в условиях среднегорья.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 47 спортсменов-мужчин высокой квалификации, разделенных на основную группу (ОГ) — 27 чел., медианный возраст 21 [18; 24] год, контрольную группу (КГ) — 20 чел. медианный возраст 20 [18,5; 22,5] лет. Сеанс нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга включал графическую (10 мин) и игровую (16 мин) сессии, курс состоял из 8–10 сеансов. Перед первым и после последнего проводили регистрацию физиологических параметров сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем и психофизиологическое тестирование. Статистическая обработка данных выполнена с помощью компьютерной программы Statistica 13.0.

Результаты. Сравнение параметров функций организма спортсменов-мужчин до и после курса нейробиоуправления показало снижение физиологического напряжения по данным вариабельности сердечного ритма, гемодинамики, показателей дыхания и кожно-гальванической реакции. Одновременно с этим отмечено повышение показателей психической работоспособности и бета-ритма головного мозга по отношению к контролю.

Выводы. Установлено положительное влияние применения курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга у спортсменов-мужчин, проявляющееся в улучшении работы центральной и вегетативной нервной систем, повышении экономизации сердечной деятельности и оптимизации цикла дыхания. Полученные результаты открывают перспективы достижения спортсменами более высокой работоспособности за счет снижения физиологического напряжения и, как следствие, процессов утомления в условиях напряженной деятельности.

Ключевые слова: спортсмены; нейробиоуправление; функциональные возможности; ритмы головного мозга; нервная система; сердечно-сосудистая система

Для цитирования: Корягина Ю.В., Кушнарева Ю.В., Нопин С.В., Нопин А.С., Збицкая О.С., Абуталимова С.М. Влияние нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга на функциональное состояние организма спортсменов-мужчин в период учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):378–384. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-430>

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания № 48.001.25.800 на проведение прикладных научных исследований по теме: «Разработка методик нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга для высококвалифицированных спортсменов с разными видами спортивной деятельности» (шифр: «БОС-тренинг 25–26»).

Соблюдение принципов этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом по экспертизе биомедицинских исследований Северо-Кавказского федерального научно-клинического центра Федерального медико-биологического агентства (протокол № 1 от 14.01.2025). Все участники подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Корягина Юлия Владиславовна nauka@skfmba.ru

Статья поступила: 18.11.2025 **После доработки:** 15.02.2026 **Принята к публикации:** 24.02.2026 **Online first:** 23.04.2026

EFFECT OF BETA-RHYTHM NEUROFEEDBACK ON THE FUNCTIONAL STATE OF MALE ATHLETES DURING TRAINING CAMPS AT MID ALTITUDE

Yulia V. Koryagina¹, Julia V. Kushnareva¹, Sergey V. Nopin¹, Alexander S. Nopin², Olga S. Zbitskaya¹, Sabina M. Abutalimova¹¹ North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center, Essentuki, Russia² Russian University of Medicine, Moscow, Russia

Introduction. Neurofeedback is a type of biofeedback that targets brain rhythms. The prospects for its application in rehabilitation and sports medicine stem from its non-invasive and non-pharmacological nature of changing the functional state through controlled parameters and body functions. At present, alpha-rhythm neurofeedback training is widely used in sports medicine, whereas the effects of beta-rhythm neurofeedback remain largely unexplored.

Objective. The study aims to investigate the effect of beta-rhythm neurofeedback training on the functional state of body systems in male athletes during intensive training camps conducted in the mid-mountains.

© Ю.В. Корягина, Ю.В. Кушнарева, С.В. Нопин, А.С. Нопин, О.С. Збицкая, С.М. Абуталимова, 2026

Materials and methods. The study involved 47 highly qualified male athletes divided into a main group of 27 individuals (median age: 21 [18; 24] years) and a control group of 20 individuals (median age: 20 [18.5; 22.5] years). A neurofeedback session targeting beta rhythms consisted of a graphic session (10 min) and a game session (16 min); the course comprised 8–10 sessions. Along with psychophysiological testing, the physiological parameters of the cardiovascular, respiratory, and nervous systems were recorded before the first and after the last sessions. Statistical data processing was performed using Statistica 13.0 software.

Results. A comparison of the parameters of bodily functions in male athletes before and after the neurofeedback training course showed a decrease in physiological strain, as evidenced by heart rate variability, hemodynamics, respiratory parameters, and galvanic skin response. Also, the indicators of mental performance and beta rhythms were noted to increase relative to the control.

Conclusions. The course of neurofeedback training targeting beta rhythms was found to have a positive effect in male athletes, which manifested itself in improved function of the central and autonomic nervous systems, increased cardiac efficiency, and optimization of the respiratory cycle. The obtained results open up prospects for athletes to achieve higher performance by reducing physiological strain and, consequently, fatigue during intensive activities.

Keywords: athletes; neurofeedback; functional capabilities; brain rhythms; nervous system; cardiovascular system

For citation: Koryagina Yu.V., Kushnareva Ju.V., Nopin S.V., Nopin A.S., Zbitskaya O.S., Abutalimova S.M. Effect of beta-rhythm neurofeedback on the functional state of male athletes during training camps at mid altitude. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):378–384. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-430>

Funding. The study was carried out under state assignment No. 48.001.25.800 for applied research on the topic "Development of neurofeedback training methods targeting beta rhythms for highly qualified athletes engaged in various sports activities" (code: Biofeedback training 25–26).

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee for the Review of Biomedical Research of the North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center (minutes No. 1 dated January 14, 2025). All participants signed voluntary informed consent to participate in the study.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Yulia V. Koryagina nauka@skfmba.ru

Received: 18 Nov. 2025 **Revised:** 15 Feb. 2026 **Accepted:** 24 Feb. 2026 **Online first:** 23 Apr. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Нейробиоуправление — технология, основанная на принципах биологической обратной связи (БОС) по электроэнцефалографическим (ЭЭГ) параметрам, эффективно применяется во многих отраслях медицины [1–3] и спорта [4–7]. Перспективы применения нейробиоуправления по ритмам головного мозга (ГМ) в восстановительной и спортивной медицине связывают с неинвазивным и нефармакологическим воздействием на человека, вызывающим изменения функционального состояния по управляемым параметрам и функциям организма. Изучением влияния нейробиоуправления по альфа-ритму ГМ на организм человека, в том числе спортсменов, занимался целый ряд исследователей [3–5, 7]. Нейробиоуправление по бета-ритму достаточно успешно применяется при таких психофизиологических отклонениях, как аутизм, синдром дефицита внимания с гиперактивностью [8, 9]. Учитывая необходимость спортсменов управлять своим состоянием и эффективно функционировать в условиях высокого психического напряжения, данный метод может иметь большие перспективы. Однако исследование влияния нейробиоуправления по бета-ритму ГМ в спортивной науке и практике представлено весьма ограниченно [6], в частности недостаточно описан комплексный подход в изучении влияния метода на состояние систем организма. Следовательно, актуальным является научно-экспериментальное обоснование применения нейробиоуправления по бета-ритму ГМ в системе медико-биологического обеспечения спорта высших достижений для повышения функциональных возможностей и восстановления спортсменов.

Цель исследования — изучение влияния нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга на функ-

циональное состояние систем организма спортсменов-мужчин в период интенсивных тренировок на учебно-тренировочных сборах в условиях среднегорья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на базе Реабилитационно-восстановительного центра для спортсменов сборных команд России, расположенного на территории ФГБУ «Юг Спорт» в г. Кисловодске, высота над уровнем моря 1240 м. В нем приняли участие 47 спортсменов-мужчин высокой квалификации (кандидаты в мастера спорта, мастера спорта, мастера спорта международного класса). Спортсмены были разделены на основную группу (ОГ) (27 чел., медианный возраст 21 [18; 24] год) и контрольную группу (КГ) (20 чел., медианный возраст 20 [18,5; 22,5] лет). В обеих группах наблюдения спортсмены, занимающиеся различными видами спорта (стрельба из лука, фигурное катание, бадминтон, вольная борьба, сумо, пауэрлифтинг, спортивное ориентирование (лыжные дисциплины), дзюдо, фристайл), были представлены пропорционально. Критерии включения участников в исследование: спортсмены высокой квалификации, которые подвергаются высоким тренировочным нагрузкам. Критерии исключения: отказ от участия в исследовании, острые заболевания и травмы.

У спортсменов ОГ в период учебно-тренировочных сборов (УТС) был проведен курс нейробиоуправления — тренинга с биологической обратной связью по бета-ритму головного мозга. Спортсмены КГ выполняли тренировочные мероприятия по плану УТС, курс нейробиоуправления у них не проводили. Исследование выполнено в подготовительный период тренировочного процесса, в течение которого у спортсменов, как правило, было по две интенсивные

тренировки ежедневно. Все исследования начинались на 2 и 3 день пребывания на сборах, продолжительность которых составляла 14–15 дней. Исследования проводили в первую половину дня до тренировочных занятий, тренировки — утром и днем в свободное время спортсменов.

Методика нейробиоуправления по бета-ритму ГМ реализовывалась на многоканальном устройстве БИ-012-2 с программным обеспечением «Бослаб» (ООО «КОМСИБ», г. Новосибирск), обеспечивающим одновременный мониторинг и запись сигналов электроэнцефалограммы (ЭЭГ, биполярный монтаж электродов в отведении CZ-FZ, референтный электрод на мочке уха в соответствии с международной схемой монтажа электродов «10–20%»), электромиограммы мышц лба (ЭМГ, монтаж активных электродов: лобная часть затылочно-лобной мышцы, с расстоянием между центром электродов 3–4 см, референтный электрод между активными), электрокардиограммы (ЭКГ, монтаж активных электродов: надключичные ямки, референтный электрод — трапециевидная мышца), фотоплетизмограммы (ФПГ, монтаж датчика на дистальной фаланге 2 пальца ведущей руки), дыхания (монтаж датчика — мечевидный отросток). Методика направлена на повышение активности в бета-диапазоне.

Сеанс нейробиоуправления по амплитуде бета-ритма включал графическую (10 мин, аудиальная обратная связь) и игровую (16 мин, визуальная обратная связь) сессии, курс состоял из 8–10 сеансов. Эффективность бета-тренинга вычисляли программой по динамике средних значений амплитуд бета- и тета-ритмов ГМ при их мониторинге до и после каждого тренинга. Эффективным считали достижение увеличения бета- и снижение тета-ритма ГМ. Перед первым и после последнего сеанса нейробиоуправления проводили регистрацию физиологических сигналов и психофизиологическое тестирование (на аппаратно-программном комплексе «Спортивный психофизиолог» (ООО «НМЦ Аналитик», г. Омск), определяли свойства нервной системы по индивидуальной единице времени (ИЕВ), психическую работоспособность по тесту Шульте, личностную и ситуативную тревожность по опроснику Спилбергера — Ханина [12].

Статистическая обработка данных произведена с помощью компьютерной программы Statistica 13.0. Рассчитывали стандартные показатели описательной статистики: медиана M_e , верхний $[Q_1]$ и нижний $[Q_3]$ квартили. Сравнение показателей осуществлено с помощью непараметрических критериев Вилкоксона (для анализа динамики данных в двух зависимых группах) и U -критерия Манна — Уитни (для оценки различий между двумя независимыми группами).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенное исследование показало, что до прохождения курса нейробиоуправления по бета-ритму параметры психофизиологического статуса, вариабельности сердечного ритма (BCR), ритмов ГМ мужчин-спортсменов ОГ и КГ статистически значимо не различались. Исходные показатели нервной и сердечно-сосудистой систем спортсменов-мужчин были в пределах физиологической нормы.

Сравнение данных психофизиологического статуса мужчин-спортсменов ОГ до и после курса БОС-тренинга показало, что уровень ситуативной (до тренинга — 28 [25; 32] баллов, после — 28 [23; 31] баллов) и личностной (до тренинга — 29 [26; 31] баллов, после — 29 [25; 32] баллов) тревожности был низким и статистически значимо не изменился. В КГ уровень ситуативной (до тренинга — 33 [28; 37,5] балла; после — 30 [24; 36] баллов) и личностной (до тренинга — 31 [28; 33,5] балл; после — 29,5 [24,5; 37,5] балла) тревожности также статистически значимо не изменился. Показатель ИЕВ в ОГ составил 0,92 [0,88; 0,96] усл. ед., в КГ — 0,92 [0,88; 0,97] усл. ед. и соответствовал сангвиническому равновесному типу высшей нервной деятельности, что согласуется с полученными ранее и опубликованными данными о преобладании сангвинического темперамента среди спортсменов высокой квалификации [13].

Оценка показателей психической работоспособности по тесту Шульте в группе ОГ до и после курса БОС-тренинга продемонстрировала, что статистически значимо ($p < 0,0001$) улучшилась эффективность психической работы (до — 36,91 (30,02; 44,78) с, после — 32,28 [27,17; 37,53] с (рис. 1А), психическая вработываемость (до — 1,002 [0,903; 1,102] усл. ед., после — 0,904 [0,852; 0,936] усл. ед., $p < 0,004$, (рис. 1Б) и устойчивость (до — 1,02 [0,925; 1,118] усл. ед., после — 0,95 [0,887; 1,035] усл. ед., $p < 0,05$). В КГ эффективность психической работы (рис. 1А), психическая вработываемость (рис. 1Б) и устойчивость статистически значимо не изменились.

Также психическая вработываемость после курса тренинга была статистически значимо ниже (лучше) в ОГ (0,904 [0,852; 0,936] усл. ед.) по сравнению с КГ (1,01 [0,853; 1,115] усл. ед.), в то время как до тренинга значения статистически не различались (рис. 1Б).

Анализ временных параметров BCP до и после курса тренинга нейробиоуправления по бета-ритму ГМ (табл. 1) показал у спортсменов-мужчин ОГ статистически значимое снижение ЧСС ($p < 0,04$), количество последовательных интервалов RR, различие между которыми превышает 20 мс (pNN20) ($p < 0,05$), и количество последовательных интервалов RR, различие между которыми превышает 10 мс (pNN10) ($p < 0,05$). В КГ статистически значимо снижались ЧСС и индекс напряжения (ИН) ($p < 0,02$). Также у спортсменов ОГ после курса тренинга по сравнению с исходными данными имелась тенденция к повышению средней длительности кардиоинтервалов (RR), стандартного (среднеквадратичного) отклонения кардиоинтервалов RR (SDNN), количества наиболее часто встречающихся значений длительности кардиоинтервалов (Мода), вегетативного показателя (ВП) и снижению индекса напряжения (ИН).

Результаты частотного анализа BCP у спортсменов, проходивших курс тренинга (ОГ), выявили статистически значимое повышение мощности очень медленных волн (сверхнизкочастотных) (VLF) (до — 490,25 [207,26; 1115,16] мс²; после — 890,23 [309,16; 1957,22] мс², $p < 0,04$) (рис. 2А) и мощности спектра BCP в диапазоне очень низких частот в процентном отношении к общей мощности спектра (%VLF) (до — 31,74 [15,12; 42,18] %, после — 40,23 [28,85; 53,63] %, $p < 0,01$) (рис. 2Б). В КГ статистически значимых изменений

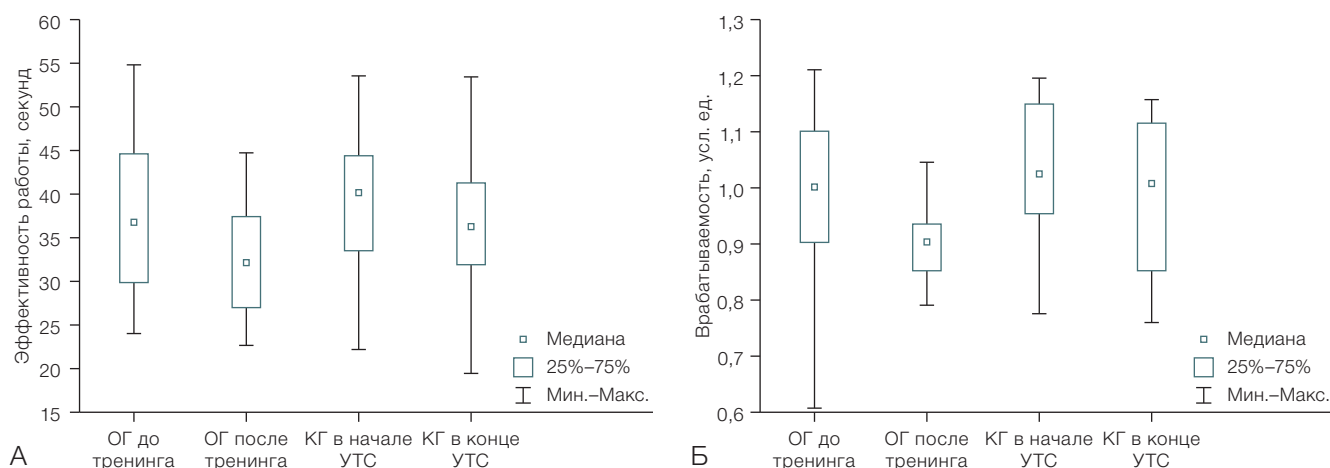


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Эффективность психической работы (А) и психическая вбратываемость (Б) мужчин-спортсменов основной и контрольной групп до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму ГМ. ОГ — основная группа; КГ — контрольная группа; UTC — учебно-тренировочные сборы

Таблица 1. Временные параметры вариабельности сердечного ритма у мужчин-спортсменов основной и контрольной групп до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга (фаза мониторинга)

Показатели	ОГ (n = 27)		КГ (n = 20)	
	До тренинга	После тренинга	В начале UTC	В конце UTC
RR, мс	764,26 [663,91; 825,18]	792,21 [747,25; 881,17]	724,03 [662,14; 862,36]	823,32 [763,6; 887,09]
SDNN, мс	44,78 [28,46; 65,64]	50,43 [44,43; 73,8]	49,87 [33,18; 67,69]	57,67 [48,53; 83,17]
Мода, мс	775 [675; 825]	825 [725; 875]	725 [675; 875]	800 [750; 875]
ЧСС, уд/мин	83,01 [73,15; 91,07]	75,59 [68,38; 80,58]*	83,23 [70,15; 90,83]	73,3 [68,01; 78,8]*
ИН, усл. ед.	61,94 [26,58; 120,14]	51,42 [29,12; 96,07]	55,27 [34,19; 128,22]	44,71 [23,18; 76,09]*
ВП, %	6,42 [4,73; 10,43]	7,63 [5,38; 9,07]	6,84 [4,94; 10,5]	7,79 [6,21; 9,96]
LF/HF, усл. ед.	2,08 [0,78; 2,85]	1,76 [1,14; 2,98]	1,7 [0,59; 3,28]	1,79 [0,69; 3,39]
pNN50, %	10,47 [0,8; 36,84]	10,48 [3,31; 30,41]	13,56 [2,12; 42,44]	15,29 [4,75; 35,86]
pNN20, %	45,07 [11,07; 62,21]	47,04 [35,88; 64,23]*	39,91 [24,34; 76,34]	54,37 [36,22; 69,52]
pNN10, %	70,32 [42,19; 82,07]	71,37 [67,13; 82,51]*	68,43 [54,95; 88,25]	76,19 [66,2; 84,07]

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха $M_e [Q_1; Q_3]$; RR — средняя длительность кардиоинтервалов; SDNN — стандартное [среднеквадратичное] отклонение кардиоинтервалов RR; ОГ — основная группа; КГ — контрольная группа; Мода — наиболее часто встречающееся значение длительности кардиоинтервалов; ЧСС — частота сердечных сокращений; ИН — индекс напряжения регуляторных систем; ВП — вегетативный показатель; LF/HF — соотношение мощностей спектра кардиоритма в области низких и высоких частот; pNN50 — количество последовательных интервалов RR, различие между которыми превышает 50 мс; pNN20 — количество последовательных интервалов RR, различие между которыми превышает 20 мс; pNN10 — количество последовательных интервалов RR, различие между которыми превышает 10 мс, UTC — учебно-тренировочные сборы; * $p < 0,05$, * $p < 0,02$ — по критерию Вилкоксона.

данных показателей не выявлено. К концу UTC в ОГ и КГ снизилась амплитуда моды (АМо) — доля кардиоинтервалов, попавших в диапазон моды, по отношению ко всем кардиоинтервалам (ОГ: до — 44,37 [30,26; 57,59] %, после — 40,03 [28,35; 48,6] %; КГ до — 45,17 [30,67; 57,63] %, после — 35,69 [29,61; 44,86] %).

Анализ параметров ритмов ГМ по бета-ритму у мужчин-спортсменов ОГ до и после курса

нейробиоуправления и в КГ (табл. 2) показал статистически значимо большие значения амплитуды бета-ритма ($p < 0,05$) и меньшие значения индекса тета-ритма ($p < 0,05$) в конце UTC у спортсменов ОГ по сравнению с КГ. У спортсменов ОГ после тренинга отмечали тенденцию к увеличению амплитуды альфа- и бета-ритмов ГМ, в то время как в КГ амплитуда бета-ритма ГМ снижалась. Анализ ритмов головного мозга у спортсменов мужчин

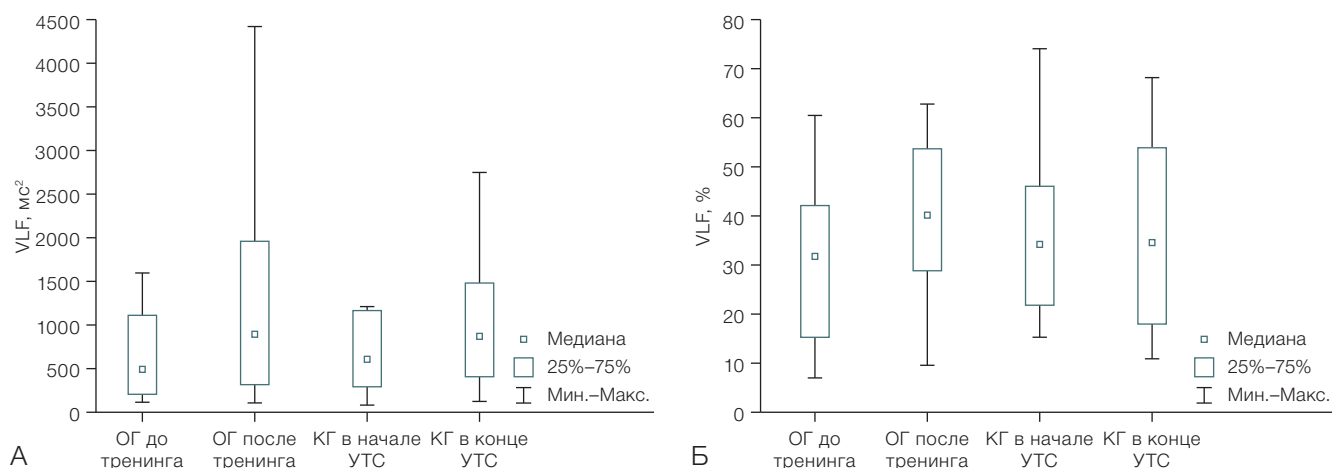


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Показатели мощности очень медленных (сверхнизкочастотных) волн (А) и процент очень медленных волн (Б) у мужчин-спортсменов основной и контрольной групп до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга. ОГ — основная группа; КГ — контрольная группа; УТС — учебно-тренировочные сборы

Таблица 2. Параметры ритмов головного мозга у мужчин-спортсменов основной до и после курса нейробиоуправления и контрольной групп по бета-ритму головного мозга (фаза мониторинга), $M_e [Q_1; Q_3]$

Показатели	Основная группа [n = 27]		Контрольная группа [n = 20]	
	До	После	В начале УТС	В конце УТС
Амплитуда альфа-ритма, мкВ	2,16 [2,00; 2,83]	2,22 [1,74; 2,86]	1,89 [1,58; 2,50]	1,91 [1,57; 2,15]
Амплитуда бета-ритма, мкВ	1,52 [1,32; 1,80]	1,64 [1,25; 1,80]*	1,49 [1,18; 1,60]	1,33 [1,20; 1,63]*
Амплитуда тета-ритма, мкВ	2,56 [2,24; 3,00]	2,57 [2,18; 3,03]	2,38 [2,03; 3,11]	2,51 [2,00; 2,72]
Тета/Бета, усл. ед.	1,73 [1,50; 2,08]	1,75 [1,53; 2,20]	1,89 [1,63; 2,27]	1,89 [1,70; 2,11]
Индекс альфа-ритма, %	35,49 [30,69; 38,90]	34,67 [29,95; 37,08]	31,17 [29,29; 36,96]	32,27 [30,38; 34,24]
Индекс бета-ритма, %	24,37 [22,14; 26,85]	23,95 [21,80; 27,18]	23,87 [22,14; 26,80]	24,39 [21,91; 26,29]
Индекс тета-ритма, %	38,98 [36,19; 44,91]	40,88 [36,50; 45,60]*	43,32 [38,93; 47,85]	43,52 [41,13; 48,07]*

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. Данные представлены в виде медианы (M_e) и межквартильного разброса [$Q_1; Q_3$]; индекс — доля мощности ритма относительно мощности остальных ритмов; УТС — учебно-тренировочные сборы; * $p < 0,05$ — достоверные различия по критерию Манна — Уитни между данными у спортсменов основной группы после курса нейробиоуправления и контрольной группы в конце учебно-тренировочных сборов.

непосредственно на первом и последнем (в основном восьмом) сеансе БОС-тренинга не выявил статистически значимых изменений параметров ритмов ЭЭГ.

Анализ параметров дыхания у мужчин-спортсменов ОГ и КГ до и после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга выявил в ОГ только одно статистически значимое изменение соотношения длительности фаз вдоха и выдоха (до — 0,716 [0,674; 0,777] усл. ед., после — 0,753 [0,692; 0,831] усл. ед., $p < 0,05$). В то же время в КГ не было статистически значимых изменений. Также в ОГ имелась тенденция к увеличению длительности дыхательного цикла (до — 3,52 [3; 4,18] с, после — 3,65 [3,18; 4,1] с) и выдоха (до — 2,06 [1,71; 2,63] с, после — 2,12 [1,85; 2,61] с).

По показателям общего психофизиологического напряжения у мужчин-спортсменов ОГ после курса нейробиоуправления и в КГ статистически значимых

изменений не выявлено, но в ОГ имелась тенденция без достоверных различий к снижению амплитуды суммарной биоэлектрической активности мышц лба (до — 7,39 [5,45; 8,48] мкВ, после — 6,23 [5,52; 7,84] мкВ), кожной проводимости (до — 4,16 [2,21; 6,34] мкСм, после — 2,73 [2,06; 6,54] мкСм) и амплитуды кожной проводимости (до — 0,259 [0,13; 0,369] мкСм, после — 0,199 [0,111; 0,346] мкСм), что свидетельствует о снижении общего психофизиологического напряжения.

Анализ параметров центральной гемодинамики по данным фотоплетизмографии у мужчин-спортсменов ОГ показал после курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга статистически значимое повышение амплитуды систолической волны фотоплетизмограммы (до — 889,64 [601,31; 1359,57] мВ, после — 1012,98 [759,76; 1413,33] мВ, $p < 0,04$),

но как до, так и после показатели находились в пределах физиологической нормы. Также в ОГ имела тенденция к снижению показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР) (до — 60,92 [38,06; 78,30] усл. ед., после — 47,37 [33,98; 67,59] усл. ед.). В КГ изменений этих параметров не выявлено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность тренировочного процесса во многих видах спорта значительно зависит от умения спортсмена сконцентрироваться в условиях высокого эмоционального напряжения. В настоящее время проведено большое количество научных работ, посвященных внедрению в тренировочный процесс альфа-стимулирующего нейробиоуправления [4, 5, 7, 12–16]. Опубликовано исследование, показывающее, что нейротренинг по альфа-ритму способствует более стабильному уровню психоэмоционального состояния в соревновательных условиях за счет снижения предстартового напряжения [17]. Выявлено влияние нейробиоуправления в альфа-диапазоне на параметры ВСР, гемодинамики и на максимальное потребление кислорода при выполнении у спортсменов нагрузочного тестирования [5]. Отмечено положительное действие применения нейротренингов на эмоциональное состояние и психофизиологические функции киберспортсменов [18]. Португальскими учеными показано, что повторный курс нейробиоуправления по альфа-ритму способствовал улучшению когнитивных способностей спортсменов [7]. Однако данные исследования посвящены применению нейробиоуправления по альфа-ритму ГМ.

В нашей работе изучалось воздействие нейробиоуправления по бета-ритму ГМ, который связывают с высшими когнитивными процессами и фокусированием внимания; чрезмерная активность бета-ритма сигнализирует о физиологическом напряжении и тревожности. Спортивная деятельность неразрывно связана с высоким физическим и психоэмоциональным напряжением, поэтому нами была поставлена задача в ходе сеансов достигать снижения напряжения физиологических систем организма (повышение экономичности, достижение оптимального функционирования) при одновременном повышении амплитуды бета-ритма, обеспечивающим высокую активность

ГМ. Как показали наши исследования, применение курса нейробиоуправления по бета-ритму ГМ способствовало снижению централизации и усилению парасимпатических влияний, преобладанию в большей части автономной регуляции в управлении сердечным ритмом. Все это подтверждает достижение планируемого состояния: повышение экономичности функционирования сердечно-сосудистой системы спортсменов. Отмечено снижение напряжения и по данным других физиологических параметров: ЭМГ мышц лба, КГР, дыханию. Также у спортсменов повысился уровень психической работоспособности, вработываемости и устойчивости, свидетельствующих о повышении концентрации внимания и других когнитивных функций.

Данные динамики ритмов ГМ у спортсменов-мужчин непосредственно на первом и последнем сеансе БОС-тренинга не выявили изменений. По-видимому, функциональное состояние систем организма у спортсменов-мужчин является более чувствительным к БОС-тренингу, чем амплитудные характеристики ритмов ЭЭГ, которые более стабильны при решении задач, направленных на концентрацию внимания.

Полученные нами результаты открывают перспективы достижения спортсменами более высокой работоспособности за счет снижения физиологического напряжения и, как следствие, процессов утомления в условиях напряженной тренировочной и соревновательной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено положительное влияние применения курса нейробиоуправления по бета-ритму головного мозга у спортсменов-мужчин, проявляющееся в улучшении работы центральной (эффективности психической работы, психической вработываемости и устойчивости, амплитуды альфа и бета-ритмов головного мозга) и вегетативной нервной систем (снижение централизации, усиление парасимпатических влияний и преобладание автономной регуляции в управлении сердечным ритмом). Также отмечены положительные сдвиги со стороны вегетативных систем: экономизация сердечной деятельности (урежение ЧСС), удлинение дыхательного цикла и выдоха.

Литература / References

- Безматерных ДД, Калгин КВ, Максимова ПЕ, Мельников МЕ, Петровский ЕД, Предтеченская ЕВ и др. Применение фМРТ и одновременного фМРТ-ЭЭГ нейробиоуправления в постинсультной моторной реабилитации. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2021;171(3):364–8.
- Bezmaternykh DD, Kalgin KV, Maksimova PE, Mel'nikov MY, Petrovskii ED, Predtechenskaya EV et al. Application of fMRI and simultaneous fMRI-EEG neurofeedback in post-stroke motor rehabilitation. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2021;171(3):364–8 (In Russ.). <https://doi.org/10.47056/0365-9615-2021-171-3-364-368>
- Aupperle R, White EJ, Misaki M. Revitalizing EEG neurofeedback using precision-based approaches. *American Journal of Psychiatry*. 2025;182(9):816–8. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.20250657>
- Hesam-Shariati N, Chang WJ, Wewege MA, McAuley JH, Booth A, Trost Z et al. The analgesic effect of electroencephalographic neurofeedback for people with chronic pain: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Neurology*. 2022;29(3):921–36. <https://doi.org/10.1111/ene.15189>
- Черапкина ЛП. Прогностическая ценность модификаций показателей ЭЭГ после курса нейробиоуправления у спортсменов. *Психология. Психофизиология*. 2021;14(2):133–40.
- Cherapkina LP. Prognostic value of modifications of EEG parameters after a course of neurofeedback in athletes. *Psychology. Psychophysiology*. 2021;14(2):133–40 (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/jpps210213>
- Кормилец ВС, Еремеева ОВ, Еремеев СИ. Влияние курса нейробиоуправления на максимальное потребление

- кислорода и показатели гемодинамики спортсменов высокой квалификации. *Журнал медико-биологических исследований*. 2022;10(2):122–31.
- Kormilets VS, Ereemeeva OV, Ereemeev SI. The influence of a neurofeedback course on maximum oxygen consumption and hemodynamic parameters of highly qualified athletes. *Journal of Medical and Biological Research*. 2022;10(2):122–31 (In Russ.).
<https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z095>
6. Лунина НВ, Корягина ЮВ. Воздействие БОС-тренинга на когнитивные функции спортсменов. Современные вопросы биомедицины. 2022;6(4):226–30.
Lunina NV, Koryagina YuV. The impact of biofeedback training on the cognitive functions of athletes. *Modern issues of biomedicine*. 2022;6(4):226–30 (In Russ.).
https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_04_21
 7. Domingos C, Silva CM, Antunes A, Prazeres P, Esteves I, Rosa AC. The influence of an alpha band neurofeedback training in heart rate variability in athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(23):9–24.
<https://doi.org/10.3390/ijerph182312579>
 8. Секов ИН, Афанасьева ДН, Яковлев РВ, Томский МИ. Индекс соотношения мощностей тэта/бета ритмов при бета-стимулирующем биоуправлении у детей с синдромом дефицита внимания с/без гиперактивности. *Якутский медицинский журнал*. 2025;3:31–3.
Sekov IN, Afanasyeva DN, Yakovlev RV, Tomskey MI. Theta/beta rhythm power ratio index during beta-stimulating biofeedback in children with attention deficit disorder with/without hyperactivity. *Yakut Medical Journal*. 2025;3:31–3 (In Russ.). EDN: [KXRMOX](https://doi.org/10.3390/ijerph182312579)
 9. Джос ЮС, Меньшикова ИА. Возможности применения нейробиоуправления для повышения функциональных способностей головного мозга (обзор). *Журнал медико-биологических исследований*. 2019;7(3):338–48.
Jos YS, Menshikova IA. Possibilities of using neurofeedback to enhance brain function [review]. *Journal of Biomedical Research*. 2019;7(3):338–48 (In Russ.). EDN: [JIPSMC](https://doi.org/10.3390/ijerph182312579)
 10. Корягина ЮВ, Нопин СВ, Блинов ВА, Блинов ОА. Разработка автоматизированных систем диагностики и анализа различных компонентов подготовленности спортсмена. *Теория и практика физической культуры*. 2015;8:101–4.
Koryagina YuV, Nopin SV, Blinov VA, Blinov OA. Development of automated systems for diagnostics and analysis of various components of athlete's fitness. *Theory and Practice of Physical Education*. 2015;8:101–4 (In Russ.).
 11. Нопин СВ, Корягина ЮВ. Типологические особенности свойств нервной системы у высококвалифицированных спортсменов различных видов спорта. *Современные вопросы биомедицины*. 2023;7(2):18.
Nopin SV, Koryagina YuV. Typological features of the properties of the nervous system in highly qualified athletes of various sports. *Modern Issues of Biomedicine*. 2023;7(2):18 (In Russ.).
https://doi.org/10.51871/2588-0500_2023_07_02_18
 12. Rydzik Ł, Wąsacz W, Ambroży T, Javdanah N, Brydak K, Kopańska M. The use of neurofeedback in sports training: systematic review. *Brain Sciences*. 2023;13(4):660.
<https://doi.org/10.3390/brainsci13040660>
 13. Corrado S, Tosti B, Mancone S, Libero T, Rodio A, Andrade A et al. Improving mental skills in precision sports by using neurofeedback training: a narrative review. *Sports*. 2024;12(3):70.
<https://doi.org/10.3390/sports12030070>
 14. Shokri A, Nosratabadi M. Comparison of biofeedback and combined interventions on athlete's performance. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2021;46(3):227–34.
<https://doi.org/10.1007/s10484-020-09498-5>
 15. Prończuk M, Trybek G, Terbalyan A, Markowski J, Pilch J, Krzysztofik M et al. The Effects of EEG Biofeedback Training on Visual Reaction Time in Judo Athletes. *Journal of Human Kinetics*. 2023;89:247–58.
<https://doi.org/10.5114/jhk/174272>
 16. Prończuk M, Chamera T, Markowski J, Pilch J, Smółka W, Zajac A et al. The impact of EEG biofeedback training on the athletes' motivation and bench press performance. *Biology of Sport*. 2024;41(3):97–104.
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.127065>
 17. Пустовойт ВИ, Назарян СЕ, Адоева ЕЯ, Ключников МС, Кириченко НА, Самойлов АС. Пилотное исследование по оценке эффективности психокорректирующих методов с использованием ЭЭГ-тренинга и очков виртуальной реальности у спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(2):67–75.
Pustovoyt VI, Nazaryan SE, Adoeva EY, Klyuchnikov MS, Kirichenko NA, Samoilov AS. A pilot study to evaluate the effectiveness of psychocorrective methods using EEG training and virtual reality glasses in athletes participating in extreme sports. *Sports Medicine: Science and Practice*. 2021;11(2):67–75 (In Russ.).
<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.2.8>
 18. Водолажская МГ, Водолажский ГИ, Борозинец НМ, Прилепко ЮВ, Шарова АИ. Коррекционные возможности тренировочных этапов киберспорта в инклюзивной сфере. Психофизиологический и профориентационный аспекты. *Человек. Спорт. Медицина*. 2023;23(3):47–53.
Vodolazhskaya MG, Vodolazhsky GI, Borozinets NM, Prilepko YV, Sharova AI. Correctional Potential of Training Stages of Esports in an Inclusive Sphere. *Psychophysiological and Career Guidance Aspects*. *Human Sport Medicine*. 2023;23(3):47–53.
<https://doi.org/10.5114/10.14529/hsm230306>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Ю.В. Корягина — контроль в процессе планирования и проведения исследования, критический анализ черновика рукописи, внесение замечаний и исправлений, критический анализ работы на предмет научной новизны; Ю.В. Кушнарева — сбор экспериментальных данных применения нейробиоуправления у спортсменов и составление черновика рукописи; С.В. Нопин — интерпретация данных, дизайн исследования, окончательное утверждение версии для публикации; А.С. Нопин — составление исходных таблиц; О.С. Збицкая — сбор экспериментальных данных применения нейробиоуправления у спортсменов; С.М. Абуталимова — сбор экспериментальных данных применения нейробиоуправления у спортсменов.

Об авторах:

Корягина Юлия Владиславовна, д-р биол. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

Кушнарева Юлия Валериевна, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7343-4622>

Нопин Сергей Викторович, д-р биол. наук, канд. техн. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

Нопин Александр Сергеевич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6305-5575>

Збицкая Ольга Сергеевна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5088-2817>

Абуталимова Сабина Маликовна, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-460>

УДК 616.831-001.34



ВАЛИДАЦИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ НАБОРОВ ИЗ 10 СЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАМЯТИ РУССКОЯЗЫЧНОЙ ВЕРСИИ ПРОТОКОЛА SCAT-5: ПОПЕРЕЧНОЕ ОДНОЦЕНТРОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В.С. Фещенко^{1,2}, Б.А. Поляев^{1,2}, А.В. Сливин¹, М.И. Поляков^{2✉}, И.Т. Выходец²¹ Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Введение. Сотрясение головного мозга (СГМ), диагностика которого преимущественно основана на клинических методах, — актуальная проблема современного спорта. Для совершенствования методов диагностики СГМ в спорте высших достижений используется протокол SCAT (Sport Concussion Assessment Tool). Оригинальные версии данного протокола выпускаются на английском языке, что сопровождается трудностями в культурной адаптации и языковых особенностях перевода.

Цель. Изучить сопоставимость и взаимозаменяемость каждого из трех предложенных русскоязычных наборов из 10 слов для оценки памяти спортсменов при проведении обследования в соответствии с протоколом SCAT-5.

Материалы и методы. Проведено обследование 446 спортсменов по протоколу SCAT-5 (373 мужчины, 73 женщины; медиана возраста 37 [26; 43] лет). В исследовании участвовали спортсмены, у которых по результатам предварительного (предсоревновательного) тестирования не было выявлено отклонений. Русскоязычная версия протокола SCAT-5 с использованием 3 разных наборов слов для оценки памяти была подготовлена и адаптирована специалистами ФГБУ НЦСМ ФМБА России. В зависимости от используемого набора слов для оценки кратковременной памяти спортсмены были разделены на 3 группы. Изучались такие показатели, как количество и тяжесть симптомов, кратковременная и долговременная память. Статистический анализ данных осуществлен с применением пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 23.0.

Результаты. Сравнение интегральных показателей кратковременной памяти спортсменов разных групп не выявило статистически значимых различий ($p > 0,05$). Анализ интегральных показателей долговременной памяти спортсменов разных групп также не установил статистически значимых различий ($p > 0,05$). Обнаружена положительная корреляция между результатами интегральных показателей оценок кратковременной и долговременной памяти в каждой группе ($r = 0,629$, $p < 0,001$ для группы 1; $r = 0,663$, $p < 0,001$ для группы 2; $r = 0,591$, $p < 0,001$ для группы 3). При этом связь количества и тяжести выявленных в ходе обследования симптомов с результатами кратковременной памяти отсутствует ($r = -0,011$, $p = 0,824$ для количества симптомов; $r = -0,015$, $p = 0,747$ для тяжести симптомов).

Выводы. Любой из трех предложенных нами наборов слов обеспечил валидность метода, сопоставимую с англоязычными версиями протоколов SCAT, взаимозаменяем и допускается к применению в русскоязычных версиях протоколов SCAT-5, SCAT-6 и более современных, в которых оценка памяти производится с помощью наборов из 10 слов. Использование протокола позволяет активизировать диагностику и мониторинг спортсменов после СГМ на различных этапах восстановления.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма; сотрясение головного мозга; спортсмены; культурная адаптация; валидация исследования; когнитивные тесты

Для цитирования: Фещенко В.С., Поляев Б.А., Сливин А.В., Поляков М.И., Выходец И.Т. Валидация и определение воспроизводимости наборов из 10 слов для оценки памяти русскоязычной версии протокола SCAT-5: поперечное одноцентровое исследование. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):385–393. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-460>

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» (протокол № 227 от 20.03.2023). Всеми спортсменами подписано добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Потенциальный конфликт интересов. Поляев Б.А. — член редакционной коллегии журнала «Экстремальная биомедицина», остальные авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов.

✉ Поляков Михаил Игоревич misha.polyakov.01@mail.ru

Статья поступила: 06.02.2026 **После доработки:** 20.03.2026 **Принята к публикации:** 27.03.2026 **Online first:** 12.05.2026

VALIDATION AND REPRODUCIBILITY ASSESSMENT OF 10-WORD MEMORY SETS IN THE RUSSIAN VERSION OF SCAT-5: A CROSS-SECTIONAL SINGLE-CENTER STUDY

Vladimir S. Feshchenko^{1,2}, Boris A. Polyayev^{1,2}, Anton V. Slivin¹, Mikhail I. Polyakov^{2✉}, Igor T. Vykhodets²¹ National Center of Sports Medicine of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Introduction. Concussion, whose diagnosis is primarily based on clinical evaluation, is a pressing issue in modern sports. To improve diagnostic methods for concussion in high-performance sports, the Sport Concussion Assessment Tool (SCAT) protocol is used. However, as the original versions of this protocol are published in English, their application in other languages presents challenges in terms of cultural adaptation and linguistic nuances.

Objective. To evaluate the comparability and equivalence of the three proposed Russian-language 10-word lists for memory assessment in athletes within the SCAT-5 protocol.

© В.С. Фещенко, Б.А. Поляев, А.В. Сливин, М.И. Поляков, И.Т. Выходец, 2026

Materials and methods. An examination of 446 athletes was conducted using the SCAT-5 protocol (373 males, 73 females; median age 37 [26; 43] years). Only athletes who showed no abnormalities during baseline (pre-competition) testing were included. The Russian-language version of the SCAT-5 protocol, featuring three different word lists for memory assessment, was prepared and adapted by specialists from the National Center of Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency. Depending on the word list used to assess immediate memory, the athletes were divided into three groups. Evaluation metrics included the total number of symptoms, symptom severity score, immediate memory, and delayed recall. Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 23.0 software.

Results. Comparison of the integrated immediate memory scores across groups revealed no statistically significant differences ($p > 0.05$). Similarly, analysis of the integrated delayed recall scores showed no significant intergroup variations ($p > 0.05$). A positive correlation was found between the integrated immediate memory and delayed recall scores in each group (Group 1: $r = 0.629$, $p < 0.001$; Group 2: $r = 0.663$, $p < 0.001$; Group 3: $r = 0.591$, $p < 0.001$). No correlations were observed between immediate memory and the total number of symptoms ($r = -0.011$, $p = 0.824$) or symptom severity ($r = -0.015$, $p = 0.747$).

Conclusions. Each of the three proposed word lists demonstrated methodological validity comparable to the original English-language versions of SCAT protocols. These lists are interchangeable and are validated for use in the Russian-language versions of the SCAT-5, SCAT-6, and subsequent protocols where memory is assessed using 10-word sets. The implementation of this protocol enables more objective diagnosis and monitoring of athletes throughout various stages of post-concussion recovery.

Keywords: traumatic brain injury; concussion; athletes; cultural adaptation; validation studies; cognitive tests

For citation: Feshchenko V.S., Polyayev B.A., Slivin A.V., Polyakov M.I., Vykhodets I.T. Validation and reproducibility assessment of 10-word memory sets in the Russian version of SCAT-5: A cross-sectional single-center study. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):385–393. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-460>

Funding. The study had no sponsorship or financial support.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Pirogov University (minutes No. 227 as of March 20, 2023). Voluntary informed consent to participate in the study was signed by all athletes.

Potential conflict of interest. Boris A. Polyayev is a member of the editorial board of the *Extreme Medicine* journal. The other authors declare no potential conflict of interest.

✉ Mikhail I. Polyakov misha.polyakov.01@mail.ru

Received: 6 Feb. 2026 **Revised:** 20 Mar. 2026 **Accepted:** 27 Mar. 2026 **Online first:** 12 May 2026

ВВЕДЕНИЕ

Среди всех разновидностей черепно-мозговой травмы (ЧМТ) в спорте наиболее часто встречается сотрясение головного мозга (СГМ). Экспертное сообщество не имеет единого мнения относительно частоты встречаемости травмы головы в спорте, тем не менее последние эпидемиологические исследования [1–3] выявили, что к видам спорта с повышенным риском СГМ относятся в первую очередь командные виды спорта, а в систематическом обзоре и метаанализе Т. Pfister и соавт. показано, что главным фактором, повышающим риск возникновения травмы головы, является высокая вероятность физического контакта спортсменов [4]. Сотрясение головного мозга — диагноз, при котором отсутствуют специфические изменения вещества головного мозга на компьютерной или магнитно-резонансной томографии, что позволяет отнести данную нозологию в разряд клинических диагнозов. В спорте высших достижений с целью разрешения диагностических трудностей, которые могут быть связаны с сознательным сокрытием жалоб от тренерского штаба и медицинского персонала, с малой информированностью о проблеме СГМ, а также с высокими требованиями к навыкам спортивного врача и ограниченностью времени для принятия решения, в 2004 г. был разработан специальный клинический инструмент — протокол Sport Concussion Assessment Tool (SCAT)¹ [5].

Протокол состоит из нескольких диагностических компонентов, одним из которых является проверка когнитивных функций для оценки кратковременной и долговременной памяти. Для этого используется

заранее подготовленный набор не связанных между собой слов. Важно отметить, что стандартный протокол SCAT разработан и опубликован на английском языке. Существует ряд зарубежных работ, посвященных переводу и культурной адаптации протокола SCAT, в каждой из которых отмечаются проблемы, связанные с этническими и социокультурными особенностями применения протокола [6, 7]. Помимо языковых особенностей, необходимо учитывать, что версия протокола SCAT-5 предлагает на выбор набор либо из 5, либо из 10 слов, а версия протокола SCAT-6 предусматривает только набор из 10 слов, что позволяет добиться устранения «эффекта насыщения» (феномена потолка) при оценке памяти спортсменов [8]. Феномен потолка проявляется в том, что простая задача приводит к получению максимального результата у большинства испытуемых, в связи с чем трудно выявить индивидуальные различия между спортсменами, что, в свою очередь, может исказить исход диагностического обследования при подозрении на СГМ [9, 10]. Для достижения объективных результатов при многократном использовании протокола SCAT предложено применять один из трех отличных друг от друга, но сопоставимых по сложности наборов слов, что поможет избежать проявления «эффекта насыщения».

В настоящее время отсутствуют русскоязычные научные работы, посвященные изучению и разработке наборов слов для оценки памяти в рамках протокола SCAT. Не обнаружено экспериментальных данных о том, что русскоязычные наборы слов для оценки когнитивных функций эквивалентны по сложности, равнозначны в воспроизводимости и могут быть

¹ Sport Concussion Assessment Tool. URL: <https://njsra.org/cm/uploads/documents/concussion/sport-concussion-assessment-tool.pdf> (дата обращения: 06.02.2026).

использованы у спортсменов для оценки динамики изменений в рамках мониторинга, в том числе и после диагностированных СГМ.

Каждая новая версия оригинального англоязычного протокола SCAT получает определенные доработки и обновления, что удается отследить при ознакомлении с протоколами в хронологическом порядке. Начиная с версии SCAT-2 для оценки кратковременной памяти используются наборы с одинаковыми словами, при этом в пятой и шестой версиях каждый из наборов расширен до 10 слов. Следует отметить, что версии SCAT-5 и SCAT-6 имеют идентичные наборы и порядок слов.

Цель исследования — изучение сопоставимости и взаимозаменяемости каждого из трех предложенных русскоязычных наборов из 10 слов для оценки памяти спортсменов при проведении обследования в соответствии с протоколом SCAT-5.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено клиническое обследование 446 действующих и закончивших карьеру спортсменов (373 мужчины, 73 женщины; медиана возраста 37 [26; 43] лет) по протоколу SCAT-5² [11] в период с 2022 по 2025 г. В исследовании приняли участие представители различных видов спорта: автоспорт — 326 (73,1%), регби — 72 (16,1%), гандбол — 25 (5,6%), тайский бокс — 16 (3,6%), бокс — 5 (1,1%), хоккей — 1 (0,3%), йога — 1 (0,2%). Всем действующим спортсменам, включенным в исследование, проведено предварительное (предсоревновательное) тестирование, по результатам которого не было выявлено отклонений, а всем закончившим карьеру спортсменам проведено изолированное обследование по протоколу SCAT-5.

Спортсмены были разделены случайным образом на три группы в зависимости от используемого оценочного перечня слов для запоминания при оценке кратковременной и долговременной памяти в ходе клинического обследования: группа 1 — спортсмены, воспроизводившие слова из набора G ($n = 177$, медиана возраста 37 [26; 43] лет), группа 2 — спортсмены, воспроизводившие слова из набора H ($n = 129$, медиана возраста 35 [24; 43] лет), группа 3 — спортсмены, воспроизводившие слова из набора I ($n = 140$, медиана возраста 38 [28; 43] лет). Спортсмены не различались по уровню образования.

Протокол обследования SCAT-5 при осмотре вне игровой площадки или в медицинском кабинете включает в себя сбор сведений о спортсмене, оценку симптомов, когнитивных функций (в том числе проверку ориентации, кратковременной памяти, концентрации внимания), нервной системы (в том числе оценку координации), долговременной памяти.

При оценке симптомов спортсмены должны были самостоятельно заполнить опросник, в котором представлены вопросы о наличии следующих симптомов: головной боли, «давления в голове», боли в области

шеи, тошноты или рвоты, головокружения, нечеткого зрения, дисбаланса, чувствительности к свету и громким звукам, ощущения заторможенности, ощущения «как в тумане», чувства «что-то не так», трудности с концентрацией внимания и запоминанием, усталости, упадка сил, путаного сознания, сонливости, повышенной эмоциональности, раздражительности, подавленности, нервозности или беспокойности, проблем со сном. Каждый симптом оценивался в баллах на текущий момент времени (0 — нет проявления симптома, 1–2 — легкое проявление симптома, 3–4 — среднее проявление симптома, 5–6 — максимальное проявление симптома). Итоговая оценка состояла из общего количества симптомов (наибольшее количество — 22 балла) и оценки тяжести симптомов (наибольший показатель — 132 балла).

Проверка кратковременной памяти состояла из трех последовательных попыток, в каждой из которых спортсмен пытался воспроизвести один из трех зачитанных наборов слов; оценивание проведено в баллах (0 — не удалось вспомнить ни одного слова, 1 — удалось вспомнить одно слово, 2 — удалось вспомнить два слова, 3 — удалось вспомнить три слова, 4 — удалось вспомнить четыре слова, 5 — удалось вспомнить пять слов, 6 — удалось вспомнить шесть слов, 7 — удалось вспомнить семь слов, 8 — удалось вспомнить восемь слов, 9 — удалось вспомнить девять слов, 10 — удалось вспомнить все слова из набора). Проверка долговременной памяти проводилась через 5 мин по окончании тестирования кратковременной памяти. Спортсмен называл все слова, которые ему удалось запомнить из набора для проверки кратковременной памяти (результаты подсчитывали в баллах аналогично шкале оценки уровня кратковременного запоминания).

Дополнительно были подсчитаны интегральные показатели кратковременной памяти (медиана для сумм трех попыток проверки кратковременной памяти каждого участника в каждой из групп) и долговременной памяти (медиана из результатов проверки долговременной памяти каждого участника для каждой из групп).

В русскоязычной версии протокола SCAT-5 использовали три набора слов для оценки памяти, которые были адаптированы специалистами ФГБУ НЦСМ ФМБА России в соответствии с международными рекомендациями разработчиков протокола SCAT-5^{3,4}: набор G (Лес-Зуб-Страна-Зерно-Духи-Щенок-Звонок-Фонарь-Такси-Базар), набор H (Игра-Корабль-Медведь-Воздух-Кофе-Месяц-Кожа-Ступень-Ковер-Брат) и набор I (Мальчик-Зима-Блокнот-Ремень-Ванна-Туча-Стекло-Свеча-Завтрак-Кошка). Дополнительно адаптация и подбор слов для русскоязычной версии протокола SCAT-5 производились в соответствии с работами А.Р. Лурии [12]. Важно отметить, что подобранные русскоязычные наборы слов не только не являются прямыми переводами с английского языка, но и включают

² Sport concussion assessment tool — 5th edition. URL: https://bjism.bmj.com/content/bjsports/early/2017/04/26/bjsports-2017-097506SCAT5.full.pdf?_cf_chl_rt_tk=4RaMVCfuitGlmSGmxwnWWH8OrXbXoUXri2mu8mUP9l4-1770325951-1.0.1.1-J4nqgP0f6XMZ63c7yPalqR.oA9xwK31YjGB2h1SrLM (дата обращения: 06.02.2026).

³ BMJ-CISG Sport Concussion Assessment Tools Oversight and Permissions. Translating and Adapting the CISG Tools to Languages other than English: Rationale for Regulating. URL: <https://ciscgstg.wpengine.com/wp-content/uploads/2023/07/Translating-and-Adapting-the-SCAT-tools-to-Languages-other-than-English-Final-tracked.pdf> (дата обращения: 06.02.2026).

⁴ Application Procedure for CISG Approval for Reproduction or Adaptation of the CISG Tools. URL: <https://ciscgstg.wpengine.com/wp-content/uploads/2023/07/Application-Procedure-for-CISG-Approval-of-APP-Final.pdf> (дата обращения: 06.02.2026).

в себя односложные слова, в то время как англоязычные наборы состоят только из двусложных слов.

Статистический анализ данных осуществлен с применением пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 23.0. Для оценки типа распределения количественных параметров использовался критерий Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Поскольку распределение оказалось отличным от нормального, описательные статистики количественных данных приведены в форме медианы и квартилей, качественных данных — в виде относительных частот и их 95% доверительных интервалов. Для сравнительного межгруппового анализа применялся критерий Краскела – Уоллиса с последующими попарными сравнениями с помощью *U*-критерия Манна – Уитни с поправкой Бонферрони. Сравнение дискретных величин проводили с использованием критерия χ^2 . Оценка взаимосвязи количественных признаков проведена с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Уровень статистической значимости для всех вычислений был принят менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнительный анализ оценок краткосрочной памяти у спортсменов

На рисунке 1 представлен сравнительный анализ успешности воспроизведения слов спортсменами из трех разных групп при первой попытке. Запоминание и правильное воспроизведение слов с порядковыми номерами 2, 3, 5 и 8 статистически значимо не различалось в группах 1, 2, 3 ($p > 0,05$). Отмечено худшее воспроизведение первого слова спортсменами группы 2 в по сравнению с участниками 1-й и 3-й групп, при этом регистрировали статистически значимо лучшее запоминание седьмого слова по сравнению со словами того же порядкового номера в группах 1 и 3 ($p < 0,001$; $p < 0,001$). Четвертое слово статистически значимо чаще воспроизводили спортсмены из группы 3, чем из 1 и 2 групп ($p < 0,001$). Также обращает внимание факт, что спортсмены первой группы лучше вспоминали слово 6 по сравнению с участниками

из 2-й и 3-й групп ($p < 0,001$; $p = 0,004$), но при этом статистически значимо хуже воспроизводили слово 10 по сравнению со словами аналогичного порядкового номера спортсменами из групп 2 и 3 ($p = 0,006$; $p < 0,001$). Слово 9 лучше всего вспоминали спортсмены из группы 2, хуже всего — из группы 3 ($p < 0,001$).

В ходе анализа результатов второй попытки оценки краткосрочной памяти у спортсменов не выявлено статистически значимых различий между уровнем воспроизведения слов с порядковыми номерами 2, 3, 5, 7, 8, 9 ($p > 0,05$) (рис. 2). Спортсмены из группы 2 статистически значимо хуже вспоминали первое слово по сравнению со спортсменами из 1 и 3 групп ($p = 0,002$; $p = 0,002$). Четвертое слово спортсмены из 3 группы воспроизводили лучше, чем испытуемые в 1 и 2 группах ($p < 0,001$; $p = 0,008$). В свою очередь, шестое слово спортсмены из группы 2 статистически значимо хуже воспроизводили по сравнению с испытуемыми из групп 1 и 2 ($p < 0,001$; $p = 0,031$). Десятое слово лучше запоминали и воспроизводили спортсмены в группе 2, хуже всего — в группе 1 ($p = 0,005$).

При анализе результатов третьей попытки оценивания краткосрочной памяти спортсменов не удалось обнаружить статистически значимых различий между разными группами при воспроизведении слов с порядковыми номерами 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10 ($p > 0,05$) (рис. 3). При этом стоит отметить, что участники из группы 2 статистически значимо хуже вспоминали слова с номерами 1 и 6 по сравнению с участниками групп 1 и 3 ($p < 0,001$; $p = 0,011$; $p < 0,001$; $p = 0,003$). Четвертое слово спортсмены их группы 3 статистически значимо лучше воспроизводили по сравнению с участниками групп 1 и 2 ($p < 0,001$; $p < 0,001$).

По итогам проведенного сравнительного анализа можно отметить, что с каждой новой попыткой увеличивалось количество успешно воспроизведенных слов, однако слова с порядковыми номерами 1 и 6 из набора Н спортсмены группы 2 воспроизводили реже по сравнению с участниками из групп 1 и 3 даже при третьей попытке. В то же время четвертое слово спортсмены из группы 3 вспоминали лучше, чем испытуемые из групп 1 и 2, воспроизводившие слова того же порядкового номера из других списков, независимо

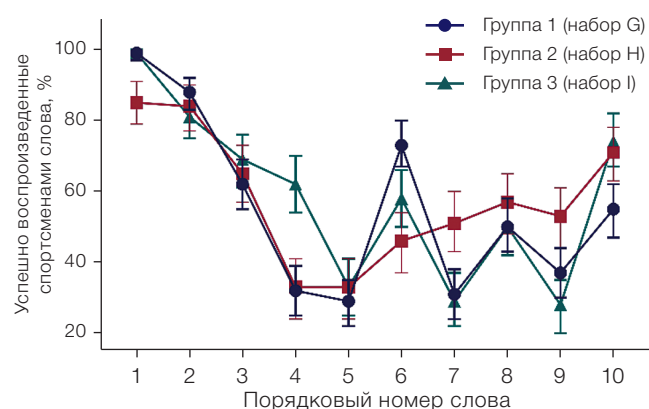


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Сравнительный анализ успешности воспроизведения слов спортсменами в ходе первой попытки оценки кратковременной памяти

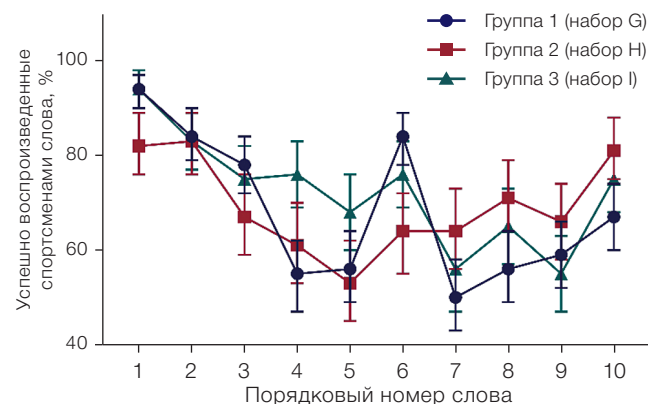


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Сравнительный анализ успешности воспроизведения слов спортсменами в ходе второй попытки оценки кратковременной памяти

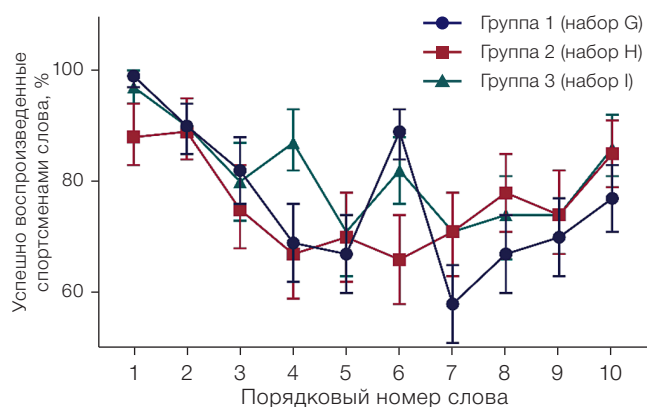


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 3. Сравнительный анализ успешности воспроизведения слов спортсменами в ходе третьей попытки оценки кратковременной памяти

от последовательности попытки. На рисунке 4 представлены результаты суммации трех попыток оценивания кратковременной памяти у спортсменов в зависимости от исследуемой группы.

При проведении межгруппового анализа не выявлены статистически значимые различия между интегральными показателями краткосрочной памяти ($p = 0,728$ для групп 1–2; $p = 0,024$ для групп 1–3; $p = 0,052$ для групп 2–3). «Эффект потолка» (набор максимально возможного количества баллов за 3 попытки) был отмечен только у 1 спортсмена в группе 1 (0,2%).

Сравнительный анализ оценок долговременной памяти у спортсменов

При анализе результатов оценки долговременной памяти у спортсменов было установлено отсутствие статистически значимых различий в запоминании и воспроизведении слов с порядковыми номерами 2, 4, 5, 8, 9 независимо от группы, в которой проводился осмотр по протоколу SCAT5 ($p > 0,05$) (рис. 5). Отмечено, что спортсмены из группы 1 статистически значимо чаще вспоминали слово 6, чем участники из групп 2 и 3 ($p < 0,001$; $p < 0,001$), при этом у спортсменов группы 3 отмечена более высокая частота воспроизведения седьмого слова по сравнению с испытуемыми групп 1 и 2 ($p < 0,001$; $p < 0,001$). В то же время спортсмены группы 1 статистически значимо хуже запоминали десятое слово по сравнению с участниками групп 2 и 3, воспроизводивших слова с аналогичным порядковым номером ($p < 0,001$; $p < 0,001$). Первое слово спортсмены лучше всего вспоминали в группе 3, хуже всего — в группе 2 ($p = 0,010$; $p = 0,003$). В свою очередь, третье слово статистически значимо лучше воспроизводили спортсмены группы 2, а хуже — участники группы 3 ($p = 0,119$; $p = 0,010$).

Подводя итоги анализа оценки долговременной памяти, необходимо отметить, что независимо от использованных наборов слов первые пять слов спортсмены воспроизводили хорошо, при этом слова с шестого по девятое запоминали хуже, а последнее (десятое) слово, как правило, — лучше. Медианные

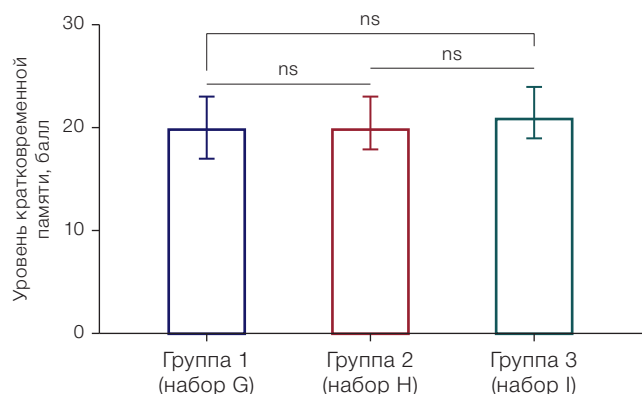


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 4. Результаты суммации трех попыток при оценке кратковременной памяти разных групп спортсменов. ns — отсутствие статистически значимых различий

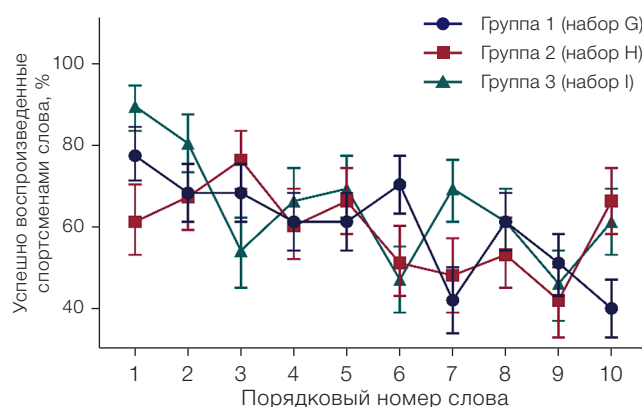


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 5. Сравнительный анализ успешности воспроизведения слов спортсменами в ходе оценки долговременной памяти

значения долговременной памяти составляли 5 [4; 7], 5 [4; 6,5], 5 [4; 7] для групп 1, 2 и 3 соответственно. При проведении межгруппового анализа не выявлено статистически значимых различий между интегральными показателями долговременной памяти ($p = 0,934$ для групп 1–2; $p = 0,29$ для групп 1–3; $p = 0,378$ для групп 2–3).

Оценка взаимосвязи между исследованием памяти и симптомами

Также проведен анализ взаимосвязи успешности воспроизведения слов спортсменами при оценке кратковременной памяти с числом симптомов (рис. 6А), их тяжестью (рис. 6Б) и оценкой долговременной памяти (рис. 6В).

Успешность воспроизведения слов спортсменами при оценке кратковременной памяти тесно коррелировала с количеством слов, которые они вспомнили при оценке долговременной памяти ($r_s = 0,625$, $p < 0,001$). При этом между количеством симптомов, выявленных в ходе обследования у спортсмена,

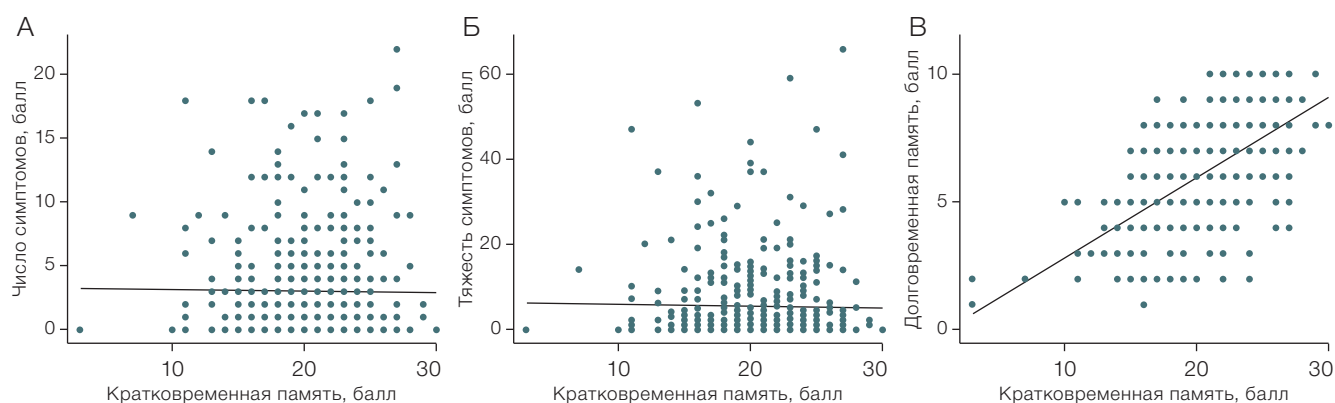


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 6. Взаимосвязь успешности воспроизведения слов спортсменами при оценке кратковременной памяти с показателями. А — числа симптомов, выявленных в ходе обследования у спортсмена; Б — тяжести симптомов, выявленных в ходе обследования у спортсмена; В — воспроизведения слов спортсменами при оценке долговременной памяти

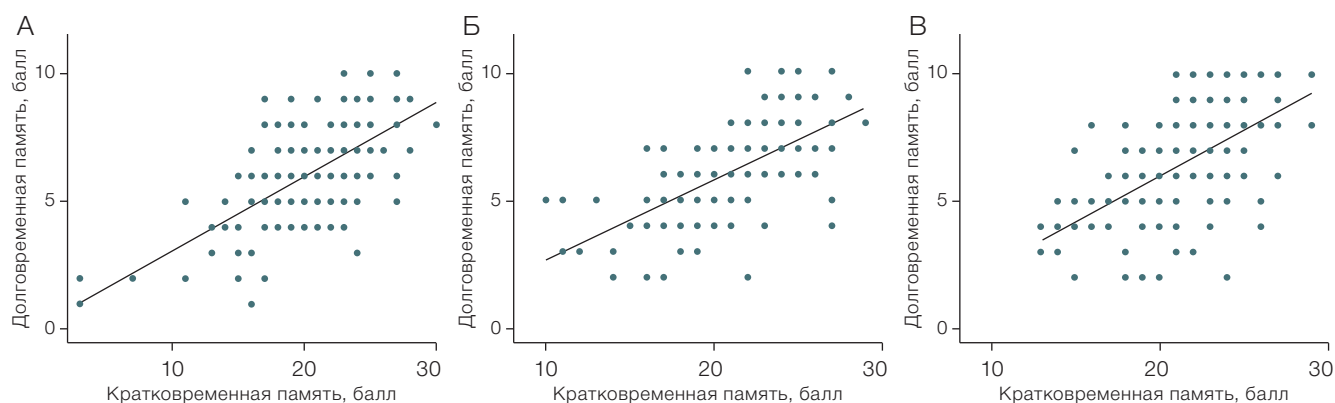


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 7. Взаимосвязь количества слов, воспроизведенных при оценке кратковременной и долговременной памяти в обследованных группах. А — группа 1; Б — группа 2; В — группа 3

и результатами оценки кратковременной памяти, а также между тяжестью симптомов, выявленных в ходе обследования у спортсмена, и результатами оценки кратковременной памяти статистически значимой связи не установлено ($r_s = -0,011$, $p = 0,824$; $r_s = -0,015$, $p = 0,747$).

Выявлена тесная положительная корреляция между результатами оценки кратковременной и долговременной памяти у всех обследованных спортсменов ($r_s = 0,629$, $p < 0,001$ для группы 1; $r_s = 0,663$, $p < 0,001$ для группы 2; $r_s = 0,591$, $p < 0,001$ для группы 3); соответствующие данные представлены на рисунке 7.

В то же время не было отмечено статистически значимой корреляции между результатами оценки кратковременной памяти и числом симптомов, а также их тяжестью, выявленных в ходе обследования у спортсменов, при этом удалось обнаружить положительную взаимосвязь между результатами оценки долговременной и кратковременной памяти во всех исследуемых группах.

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным, представленным в научной литературе, уровень обращаемости по поводу СГМ

в автоспорте находится на уровне 6,3–23% среди всех видов спорта [13]. Это указывает на повышенный риск получения СГМ в автоспорте, отражает актуальность мониторинга спортсменов с помощью протокола SCAT и репрезентативность имеющейся выборки [14]. В настоящем исследовании размер выборки ($n = 446$) сопоставим с зарубежными работами по оценке исходных результатов тестирования по протоколу SCAT [15, 16]. Также к преимуществам нашего исследования следует отнести детальный анализ краткосрочной и долгосрочной памяти спортсменов, проводимый при словесном сопоставлении разных наборов слов.

Существуют трудности в диагностике СГМ в условиях спортивной деятельности, связанные с субъективностью жалоб спортсмена, разнообразием клинических проявлений, скоростью развития симптомов, отсутствием структурных изменений при нейровизуализации и надежного биомаркера травмы головного мозга [17–22]. Медицинским сообществом были предприняты попытки создать и внедрить в практику клинические протоколы оценки состояния спортсмена для выявления СГМ; на текущий момент наиболее актуальными и общепризнанными являются версии стандартизированного протокола SCAT [23]. Несомненным преимуществом протокола SCAT

является стандартная комбинация диагностических инструментов: mBESS (модифицированная шкала оценки баланса) и SAC (стандартная оценка СГМ), при этом проблема прямого перевода с английского языка связана только с SAC, направленным на оценку когнитивных функций. Нами была использована усложненная версия теста для оценки кратковременной памяти, которая включает в себя ряд не из 5, а из 10 слов, таким образом удается снизить влияние «эффекта потолка (насыщения)» на результаты спортсменов, что находит многократные подтверждения в мировой литературе [15, 16, 24–28].

С каждой новой попыткой при оценке кратковременной памяти спортсмены всех групп демонстрировали большее количество воспроизведенных слов, а интегральные показатели статистически значимо не различались между собой; аналогичные результаты получены в работах других авторов [15, 16, 29]. Это позволяет сделать вывод, что были подобраны наборы равной сложности слов для разных групп спортсменов.

Важно обратить внимание, что слова с порядковыми номерами 1, 2, 3, 6, 10 независимо от использованного оценочного набора слов и очередности попытки более успешно воспроизводятся спортсменами, что может быть связано с закономерностями работы памяти человека [30, 31]. Ранее в исследованиях неоднократно упоминалось о позиционных эффектах (эффектах края), согласно которым слова в начале и конце списка будут воспроизводиться чаще, однако шестое слово, занимающее центральное положение, спортсмены вспоминают не хуже, чем слова из крайних положений, что демонстрирует расхождение с концепцией позиционных эффектов [32, 33]. Необходимо отметить, что четвертое слово из набора I, применявшегося в группе 3, имеет ярко выраженную тенденцию к более простому запоминанию у спортсменов, что может быть связано с недостатками в культурной адаптации перевода оригинальной версии протокола SCAT-5 [6, 34]. Учитывая сопоставимость полученных интегральных показателей проверки памяти с данными зарубежных авторов, а также отсутствие статистически значимых различий между группами при оценке кратковременной памяти, влияние культурных адаптаций на результаты оценки памяти нивелируется [15, 16, 29, 35, 36].

Помимо сравнения показателей оценки кратковременной памяти у спортсменов, следует указать на сопоставимость разных наборов слов при оценке долговременной памяти. В настоящем исследовании не установлено статистически значимой разницы между общим количеством успешно воспроизведенных слов спортсменами разных групп. Также стоит обратить внимание на то, что результаты оценки долговременной памяти, полученные в нашей работе, сопоставимы с данными других исследователей [16, 37, 38].

Интересной особенностью, полученной в данной работе, является отсутствие взаимосвязи между памятью у спортсменов и количеством, а также тяжестью симптомов, выявленных у них в ходе обследования.

В работах других авторов неоднократно отмечались трудности, возникающие при интерпретации симптомов. Так, по данным S. McLeod и соавт. [28], жалобы спортсмена могут зависеть как от факторов, связанных с СГМ в остром периоде травмы, так и различных

анамнестических факторов (например, состояния перетренированности, жизненных потрясений, изменений гормонального фона, нарушения сна и психических проблем). В связи с этим необходимо учитывать контекст проведения клинического обследования по протоколу SCAT. К похожим выводам о влиянии ситуационных факторов на течение СГМ в своем исследовании приходят G.L. Iverson и соавт. [39], установив положительную корреляцию только между общим количеством симптомов и тяжестью СГМ, при отсутствии таковой между другими компонентами протокола обследования SCAT-5. Необходимо отметить, что исследование G.L. Iverson и соавт. проведено до начала соревновательного сезона, и ни один из спортсменов не находился в восстановительном периоде после травмы головы на момент обследования.

Несмотря на использование различных наборов слов для оценки функций памяти, нами не было установлено статистически значимых различий между группами как при изучении интегральных показателей кратковременной и долговременной памяти, так и при детальной оценке воспроизводимости слов между группами спортсменов, что указывает на сопоставимость многих однопозиционных слов. Найденные статистически значимые различия при детальном анализе отдельных слов могут стать предметом будущих исследований, направленных на оптимизацию используемых наборов слов.

Ограничением данного исследования является превалирование одного вида спорта (автоспорт). Также необходимо отметить, что при обследовании спортсменов возможно преобладание субъективного компонента в оценке ряда функций и симптомов как со стороны врача, так и со стороны спортсмена. Проведение исследования в одном центре тоже стоит отнести к ограничениям, так как это не позволило включить в испытание более значительный контингент спортсменов. Превышающее количество спортсменов мужского пола по сравнению с женским может искусственно завысить показатели валидности для изученных наборов слов в условиях их применения к спортсменам-женщинам.

Направления дальнейших исследований должны быть сосредоточены на включении большего числа спортсменов в исследование. В будущих работах важно уделить внимание поиску возможных связей между конкретными заболеваниями, состояниями, травмами и показателями любого диагностического компонента протокола. Также необходимо дополнительное подтверждение полученных результатов с помощью объективных методов обследования, в частности нейровизуализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование на выбор любого из трех предложенных нами наборов слов допустимо для проведения оценки кратковременной и долговременной памяти в ходе обследования спортсменов в соответствии с протоколом SCAT-5, что обеспечит необходимую валидность метода по сравнению с оригинальной англоязычной версией при получении исходных показателей тестирования спортсменов на этапе предсезонной

подготовки, во время периодического мониторинга базового состояния атлетов, в моменты получения травмы головы в тренировочном или соревновательном процессах и на этапах восстановительного периода после эпизода СГМ.

Применение набора из 10 слов устраняет «эффект потолка», увеличивает диагностическую значимость протокола SCAT-5, а также дает возможность использовать любой из предложенных нами наборов в более совершенных версиях протокола SCAT, в которых для оценки памяти применяется ряд из 10 слов, например для перевода оригинальной англоязычной версии SCAT-6 на русский язык.

Литература / References

- Matias-Soto J, Infante-Cano M, García-Muñoz C, Pineda-Escobar S, Martinez-Calderon J. Concussion Incidence by Type of Sport: Differences by Sex, Age Groups, Type of Session, and Level of Play an Overview of Systematic Reviews with Meta-analysis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2024;54(11):681–742. <https://doi.org/10.2519/jospt.2024.12677>
- Putukian M, D'Alonzo BA, Campbell-McGovern CS, Wiebe DJ. The Ivy League-Big Ten Epidemiology of Concussion Study: A Report on Methods and First Findings. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019;47(5):1236–47. <https://doi.org/10.1177/0363546519830100>
- Van Pelt KL, Puetz T, Swallow J, Lapointe AP, Broglio SP. Data-Driven Risk Classification of Concussion Rates: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2021;51:1227–44. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01428-7>
- Pfister T, Pfister K, Hagel B, Ghali WA, Ronksley PE. The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2016;50:292–7. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094978>
- Schneider KJ, Patricios J, Echemendia RJ, Makdissi M, Davis GA, Ahmed OH, et al. Concussion in sport: the consensus process continues. *British Journal of Sports Medicine*. 2022;56(19):1–8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105673>
- Baiocco V, Bazo M, Leo I, Simonelli A, Ermolao A, Patricios JS, et al. Translation, cultural adaptation, and validation of the Concussion Recognition Tool 6 (CRT6™), Sport Concussion Assessment Tool 6 (SCAT6™) and Sport Concussion Office Assessment Tool 6 (SCOAT6™): the Italian process. *Italian Journal of Pediatrics*. 2025;51:109. <https://doi.org/10.1186/s13052-025-01950-8>
- Liu J, Zhao R, Cai J, Wang Z, Zhu M, Wang X, et al. Translation, Cross-Cultural Adaptation, and Validation of the Simplified Chinese Version of Sport Concussion Assessment Tool 6. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2026;36(1):36–41. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000001346>
- Echemendia RJ, Burma JS, Bruce JM, Davis GA, Giza CC, Guskiewicz KM, et al. Acute evaluation of sport-related concussion and implications for the Sport Concussion Assessment Tool (SCAT6) for adults, adolescents and children: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2023;57:722–35. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106661>
- Scollard P, Choi SE, Lee ML, Mukherjee S, Trittschuh EH, Sanders RE, et al. Ceiling effects and differential measurement precision across calibrated cognitive scores in the Framingham Study. *Neuropsychology*. 2023;37(4):383–97. <https://doi.org/10.1037/neu0000828>
- Gaudet CE, Konin J, Faust D. Immediate Post-concussion and Cognitive Testing: Ceiling Effects, Reliability, and Implications for Interpretation. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2021;36(4):561–9. <https://doi.org/10.1093/arclin/acia074>
- Echemendia RJ, Meeuwisse W, McCrory P, Davis GA, Putukian M, Leddy J, et al. The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale. *British Journal of Sports Medicine*. 2017;51:848–50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097506>
- Лурия АР. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. М.: Издательство МГУ; 1962. Luriya AR. *Higher human cortical functions and their disorders in local brain lesions*. Moscow: Moscow university; 1962 (In Russ.).
- Deakin ND, Cronin T, Trafford P, Olvey S, Roberts I, Mellor A, et al. Concussion in motor sport: a medical literature review and engineering perspective. *Journal of Concussion*. 2017;1. <https://doi.org/10.1177/2059700217733916>
- Deakin ND, Suckling J, Hutchinson PJ. Research Evaluating Sports Concussion Events-Rapid Assessment of Concussion and Evidence for Return (RESCUE-RACER): a two-year longitudinal observational study of concussion in motorsport. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2021;7(1):e000879. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000879>
- Petit KM, Savage JL, Bretzin AC, Anderson M, Covassin T. The Sport Concussion Assessment Tool-5 (SCAT5): Baseline Assessments in NCAA Division I Collegiate Student-Athletes. *International Journal of Exercise Science*. 2020;13(3):1143–55. <https://doi.org/10.70252/SUJD2658>
- Bailey C, Meyer J, Soden D, Tangen C, Deane R, Briskin S, et al. SCAT5 Sex Differences: Normative Data, Clinical Thresholds, and Relevance for Identification of Concussion. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2022;37(7):1536–44. <https://doi.org/10.1093/arclin/acac007>
- Sarkis GA, Zhu T, Yang Z, Li X, Shi Y, Rubenstein R, et al. Characterization and standardization of multiassay platforms for four commonly studied traumatic brain injury protein biomarkers: a TBI Endpoints Development Study. *Biomarkers in Medicine*. 2021;15(18):1721–32. <https://doi.org/10.2217/bmm-2021-0284>
- Beran KM, Scafide KN. Factors Related to Concussion Knowledge, Attitudes, and Reporting Behaviors in US High School Athletes: A Systematic Review. *The Journal of School Health*. 2022;92(4):406–17. <https://doi.org/10.1111/josh.13140>
- Baugh CM, Meehan WP, Kroshus E, McGuire TG, Hatfield LA. College Football Players Less Likely to Report Concussions and Other Injuries with Increased Injury Accumulation.

- Journal of Neurotrauma*. 2019;36(13):2065–72.
<https://doi.org/10.1089/neu.2018.6161>
20. Makdissi M, Davis G, McCrory P. Clinical challenges in the diagnosis and assessment of sports-related concussion. *Neurology. Clinical Practice*. 2015;5(1):2–5.
<https://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000000061>
 21. Bhandari S, Mak SYG, Heron N, Rogers J. Tools for Diagnosing and Managing Sport-Related Concussion in UK Primary Care: A Scoping Review. *Sports*. 2025;13(7):201.
<https://doi.org/10.3390/sports13070201>
 22. Ahn SY, Prock M, Seo J, Han S, O'Sullivan DM, Song W. Mapping the acute trajectory of sport-related concussion outcomes across symptoms, cognition, and blood biomarkers. *Sports Medicine and Health Science*. 2025;8(2):119–27.
<https://doi.org/10.1016/j.smhs.2025.07.003>
 23. Owusu Otoo K, Chou B, Chou N, Stanley R, Quaynor S. A Review of Sideline Assessment Measurements for Identifying Sports-Related Concussions and Their Appropriate Management Techniques. *Cureus*. 2025;17(11):e97710.
<https://doi.org/10.7759/cureus.97710>
 24. Wingerson MJ, Wilson JC, Seehusen CN, Walker GA, Howell DR. Patient Characteristics Predictive of Immediate and Delayed Word Recall Performance Following Adolescent Concussion. *International Journal of Sports Medicine*. 2023;44(1):72–7.
<https://doi.org/10.1055/a-1941-5673>
 25. Shaffer A, Anderson AT, Goldberg Z, Tarr A, Flannell J, Huesmann G, et al. SCAT5 baseline values, test-retest reliability, and reliable change metrics in high school athletes. *Neurosurgical Focus*. 2024;57(1):E5.
<https://doi.org/10.3171/2024.4.FOCUS24112>
 26. Cameron B, Burma JS, Jasinovic T, Lun V, van Rassel CR, Sutter B, et al. One-year stability of preseason Sport Concussion Assessment Tool 5 (SCAT5) values in university level collision and combative sport athletes. *The Physician and Sports Medicine*. 2022;50(6):478–85.
<https://doi.org/10.1080/00913847.2021.1955225>
 27. Hänninen T, Parkkari J, Howell DR, Palola V, Seppänen A, Tuominen M, et al. Reliability of the Sport Concussion Assessment Tool 5 baseline testing: A 2-week test-retest study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2020;24:129–34.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.07.014>
 28. McLeod S, Terry DP, Gardner AJ, Iverson GL. Interpreting Change in Sport Concussion Assessment Tool-5th Edition (SCAT5) Scores in National Rugby League Women's Premiership Players. *Sports Medicine — Open*. 2025;11:89.
<https://doi.org/10.1186/s40798-025-00896-9>
 29. Bruce JM, Thelen J, Meeuwisse W, Hutchison MG, Rizos J, Comper P, et al. Use of the Sport Concussion Assessment Tool 5 (SCAT5) in professional hockey, part 2: which components differentiate concussed and non-concussed players? *British Journal of Sports Medicine*. 2021;55:557–65.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102072>
 30. Zhou J, Gong L, Huang X, Mu C, Mi Y. The synaptic correlates of serial position effects in sequential working memory. *Frontiers in Computational Neuroscience*. 2024;18:1430244.
<https://doi.org/10.3389/fncom.2024.1430244>
 31. Weitzner DS, Calamia M. Serial position effects on list learning tasks in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neuropsychology*. 2020;34(4):467–78.
<https://doi.org/10.1037/neu0000620>
 32. Carlson C, Cela AM, Garcia NA, Ontiveros-Olivas A, Puente AE. B — 136 Examining the Effects of Word-Level Characteristics on Short Term Recall in an Adapted US-English Verbal Memory Task. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2025;40(S2):ii295.
<https://doi.org/10.1093/arclin/acaf084.286>
 33. Subon F, Al-Saggaf MA. Serial position effect: a case study among primary school students. *Quantum. Journal of Social Sciences and Humanities*. 2024;5(6):285–96.
<https://doi.org/10.55197/qjssh.v5i6.504>
 34. Franzen S, Watermeyer TJ, Pomati S, Papma JM, Nielsen TR, Narme P, et al. Cross-cultural neuropsychological assessment in Europe: Position statement of the European Consortium on Cross-Cultural Neuropsychology (ECCroN). *The Clinical Neuropsychologist*. 2022;36(3):546–57.
<https://doi.org/10.1080/13854046.2021.1981456>
 35. Holtzhausen LJ, Souissi S, Sayrafi OA, May A, Farooq A, Grant CC et al. Arabic translation and cross-cultural adaptation of the Sport Concussion Assessment Tool 5 (SCAT5). *Biology of Sport*. 2021;38(1):129–44.
<https://doi.org/10.5114/biolspor.2020.97673>
 36. Halabchi F, Tavana MM, Khazaei R, Jalili M. Persian Translation of the Sport Concussion Assessment Tool 6 (SCAT6); a Cross-Cultural Adaptation and Validation Study. *Archives of Academic Emergency Medicine*. 2024;12(1):e42.
 37. Shapiro JS, Hearps S, Rausa VC, Anderson V, Anderson N, Pugh R, et al. Validation of the SCAT5 and Child SCAT5 Word-List Memory Task. *Journal of Neurotrauma*. 2022;39(1–2):138–43.
<https://doi.org/10.1089/neu.2020.7414>
 38. Black AM, Miutz LN, Eliason PH, Schneider K, Yeates KO, Emery CA. The association of history of concussion with baseline scores on the sport concussion assessment tool (scat5) in high school rugby players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2019;7(3 Suppl):2325967119S00006.
<https://doi.org/10.1177/2325967119S00006>
 39. Iverson GL, Howell DR, Van Patten R, Bloomfield P, Gardner AJ. Sport Concussion Assessment Tool-5th Edition (SCAT5): Normative Reference Values for the National Rugby League Women's Premiership. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2021;3:653743.
<https://doi.org/10.3389/fspor.2021.653743>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: В.С. Фещенко — концептуализация, контроль и проверка выполнения исследования, проверка и редактирование текста статьи, утверждение финальной версии статьи; Б.А. Поляев — руководство проектом, проверка и редактирование текста статьи; А.В. Сливин — обработка данных, формальный анализ, визуализация, написание черновика статьи; М.И. Поляков — сбор и обработка данных, написание черновика статьи, проведение исследования и методология; И.Т. Выходец — критический анализ статьи, формулирование общих целей и задач исследования.

Об авторах:

Фещенко Владимир Сергеевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4574-6506>

Поляев Борис Александрович, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-2336>

Сливин Антон Вячеславович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-6525>

Поляков Михаил Игоревич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8356-1332>

Выходец Игорь Трифанович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6206-2771>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-527>

УДК 796.01:61:797.2:612.014.4



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У ПЛОВЦОВ КАК МАРКЕР ЭТАПНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ

И.Р. Кленков[✉], Д.Ф. Покровская, Г.М. Цыбина, М.В. Сальников, Ж.Ж. Шакаев

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Введение. В условиях постоянного усложнения современного спорта, с ростом интенсивности тренировок и повышением требований на соревнованиях особую актуальность приобретает изучение механизмов адаптации организма пловцов к экстремальным физическим нагрузкам. Полученные данные могут стать основой для разработки научно обоснованных подходов к оптимизации тренировочного процесса.

Цель. Выявить особенности адаптационных процессов организма пловцов разного профессионального уровня подготовки к нагрузкам максимальной интенсивности.

Материалы и методы. Изучены адаптационные изменения в вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах у пловцов при плавании с высокой интенсивностью на дистанции 500 м вольным стилем. В эксперименте участвовали 81 человек, разделенные на 3 группы по 27 человек: с низким, средним и высоким профессиональными уровнями. Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы у испытуемых до и после выполнения норматива измеряли систолическое и диастолическое артериальное давление, частоту сердечных сокращений (ЧСС) транспортным кардиологическим монитором на левом плече и на указательном пальце правой руки. Для оценки состояния малого круга кровообращения измеряли показатель NO на выдохе с помощью анализатора оксида азота NOBreath V2. Рассчитывали пульсовое и среднее артериальное давление, ударный объем сердца, минутный объем кровообращения, общее периферическое сопротивление сосудов, индекс Квааса, индекс Кердо, индекс Робинсона и адаптационный потенциал.

Результаты. Результаты показали прямую зависимость времени выполнения норматива плавания на дистанции 500 м вольным стилем от профессионального уровня: группа 1 — $792,0 \pm 25,2$ с, группа 2 — $655,0 \pm 30,2$ с, группа 3 — $468,0 \pm 24,6$ с. У пловцов с высоким профессиональным уровнем выявлены следующие изменения после выполнения норматива: рост минутного объема кровообращения на 90,8% ($p < 0,05$) за счет увеличения ударного объема на 41,9% ($p < 0,05$) и умеренного повышения ЧСС на 33,5% ($p < 0,05$), снижение общего периферического сопротивления на 47,2% ($p < 0,05$) и рост уровня оксида азота (NO) в выдыхаемом воздухе на 11,2% ($p < 0,05$). Корреляционный анализ установил связь успешности выполнения норматива с показателями адаптационного потенциала, ЧСС и индексом Робинсона. У пловцов с низким и средним профессиональными уровнями изменения носили истощающий характер. Наблюдался выраженный рост ЧСС при относительно низком увеличении ударного объема, уровень NO в выдыхаемом воздухе снижался на 10,1% ($p < 0,05$) и 3,7% ($p < 0,05$) у пловцов с низким и средним профессиональными уровнями соответственно, а приросты минутного объема кровообращения оказались значительно меньше (49,1% ($p < 0,05$) и 75,4% ($p < 0,05$)), чем у пловцов с высоким профессиональным уровнем.

Выводы. С ростом профессионального уровня у спортсменов формируется комплекс адаптационных изменений, позволяющих эффективнее справляться с высокими нагрузками при интенсивном плавании. У пловцов с низким и средним профессиональными уровнями реакция на нагрузку носила истощающий характер: выраженный рост ЧСС при незначительном увеличении ударного объема и снижении уровня выдыхаемого оксида азота; тогда как у пловцов с высоким профессиональным уровнем отмечается экономичная адаптационная реакция: сбалансированный рост минутного объема кровообращения (МОК) за счет ударного объема и умеренного увеличения ЧСС, увеличение уровня выдыхаемого оксида азота и оптимизация вегетативной регуляции, что в совокупности обеспечивает более высокую эффективность преодоления интенсивных нагрузок при плавании на дистанцию 500 м.

Ключевые слова: плавание; адаптация; спорт высших достижений; предельные нагрузки; адаптационный потенциал; ударный объем; оксид азота; минутный объем кровообращения; вазодилатация

Для цитирования: Кленков И.Р., Покровская Д.Ф., Цыбина Г.М., Сальников М.В., Шакаев Ж.Ж. Функциональные перестройки кардиореспираторной системы у пловцов как маркер этапности профессиональной адаптации. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):394–399. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-527>

Финансирование. Исследование выполнено без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено независимым этическим комитетом при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (протокол № 286 от 19.12.2023). Всеми участниками подписано добровольное согласие на участие в исследовании.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование инструментов ИИ. В подготовке статьи была использована помощь ИИ-ассистента Алиса — для поиска и структурирования информации, подбора формулировок и проверки текста.

✉ Кленков Ильяс Рифатьевич klen.ir@mail.ru

Статья поступила: 26.05.2026 **После доработки:** 29.07.2026 **Принята к публикации:** 06.08.2026 **Online first:** 27.08.2026

FUNCTIONAL REARRANGEMENTS OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM IN SWIMMERS AS A MARKER OF PROFESSIONAL ADAPTATION STAGES

Ilyas R. Klenkov✉, Daria F. Pokrovskaya, Galina M. Tsybina, Maxim V. Salnikov, Zhenis Zh. Shakaev

Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

Introduction. Given the continuously increasing complexity of modern sports, rising training intensity, and growing demands at competitions, studying the mechanisms of swimmers' adaptation to extreme physical loads has become particularly relevant. The obtained data may serve as a scientific basis for optimizing training programs and individualizing load distribution.

Objective. To characterize adaptive responses to maximal-intensity exercise in swimmers across different qualification levels.

Materials and methods. Adaptive changes in the autonomic nervous, cardiovascular, and respiratory systems were studied in swimmers performing high-intensity swimming over a 500-m freestyle distance. The experiment involved 81 participants, who were divided into three groups of 27 individuals each, according to their professional level: low, moderate, and high. To assess the cardiovascular system, systolic and diastolic blood pressure and heart rate (HR) were measured in the subjects before and after completing the trial. HR was recorded using a portable cardiac monitor placed on the left upper arm and on the index finger of the right hand. To evaluate the pulmonary circulation, the exhaled nitric oxide (NO) level was measured with a NOBreath V2 nitric oxide analyzer. The following parameters were calculated: pulse pressure, mean arterial pressure, stroke volume, cardiac output, total peripheral vascular resistance, Quaa index, Kerdo index, Robinson index, and adaptive capacity.

Results. The results demonstrated a direct relationship between the time to complete the 500-m freestyle swimming trial and the athletes' professional level: group 1 – 792 ± 25.2 s, group 2 – 655 ± 30.2 s, and group 3 – 468 ± 24.6 s. In swimmers with a high professional level, the following post-exercise changes were observed: a 90.8% increase in cardiac output ($p < 0.05$), driven by a 41.9% rise in stroke volume ($p < 0.05$) and a moderate 33.5% HR elevation ($p < 0.05$); a 47.2% reduction in total peripheral resistance ($p < 0.05$); and an 11.2% increase in NO levels ($p < 0.05$). Correlation analysis revealed an association between swimming trial performance and adaptive capacity, HR, and the Robinson index. In swimmers with low and moderate professional levels, the changes reflected an exhaustive response pattern. A pronounced HR increase was observed with a relatively modest rise in stroke volume. Exhaled NO levels decreased by 10.1% ($p < 0.05$) in the low-level group and by 3.7% ($p < 0.05$) in the moderate-level group. The increases in cardiac output were substantially lower – 49.1% ($p < 0.05$) and 75.4% ($p < 0.05$), respectively – than those observed in the high-level swimmers.

Conclusions. With increasing professional level, athletes develop a complex of adaptive changes that enable them to cope more effectively with high loads during intense swimming. In swimmers with low and moderate professional levels, the response to exercise was exhaustive in nature: a pronounced HR increase was observed alongside a negligible rise in stroke volume and a decrease in NO levels. In contrast, swimmers with a high professional level demonstrated a more economical adaptive response: a balanced increase in cardiac output was achieved through elevated stroke volume and a moderate rise in HR; additionally, exhaled NO levels increased and autonomic regulation was optimized. Collectively, these adaptations support greater efficiency in overcoming high-intensity loads when swimming a 500-m distance.

Keywords: swimming; adaptation; high-performance sports; extreme loads; adaptive capacity; stroke volume; nitric oxide; cardiac output; vasodilation

For citation: Klenkov I.R., Pokrovskaya D.F., Tsybina G.M., Salnikov M.V., Shakaev Zh.Zh. Functional rearrangements of the cardiorespiratory system in swimmers as a marker of professional adaptation stages. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):394–399. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-527>

Funding. The study was carried out without additional funding.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Independent Ethics Committee of the Kirov Military Medical Academy (Protocol No. 286 of 19.12.2023). All participants signed voluntary informed consent to take part in the study.

Potential conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

AI tools use. The authors acknowledge the use of the Alisa AI assistant in the preparation of this manuscript, including information retrieval, data structuring, selection of appropriate phrasing, and text proofreading.

✉ Ilyas R. Klenkov klen.ir@mail.ru

Received: 25 May 2026 **Revised:** 29 July 2026 **Accepted:** 6 Aug. 2026 **Online first:** 27 Aug. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Плавание в тренировочном режиме вызывает стойкие изменения в организме пловцов. Горизонтальное положение тела в воде способствует облегчению венозного возврата крови к сердцу с увеличением преднагрузки, что приводит к повышению ударного объема сердца [1, 2]. Со временем это позволяет дополнительно увеличивать ударный объем, улучшая спортивные результаты. Охлаждающий эффект воды вызывает периферическую вазоконстрикцию, главным образом с целью снижения теплоотдачи. Продолжительные тренировки приводят к развитию эндотелий-зависимой вазодилатации, что также способствует росту спортивных достижений.

В процессе плавания специфика дыхательного паттерна (выдох в воду и задержки дыхания при поворотах) создает гипоксический стимул, активирующий вегетативные механизмы регуляции сердечного ритма [1, 3]. Это запускает каскад адаптационных реакций: повышается чувствительность хеморецепторов, усиливается активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, что повышает выносливость при кардиореспираторных нагрузках и улучшает результаты в плавании [4, 5].

Адаптационные возможности организма в значительной степени определяются состоянием вегетативной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем [6]. Тренировочный режим запускает комплекс адаптационных изменений: увеличение ударного

объема сердца, развитие эндотелий-зависимой вазодилатации и активацию вегетативных механизмов регуляции сердечного ритма [7, 8]. Анализ состояния этих систем позволяет разработать оптимальный тренировочный режим для профессиональных пловцов.

Цель работы — выявить механизмы адаптации сердечно-сосудистой, дыхательной и вегетативной нервной систем к нагрузкам максимальной интенсивности у пловцов разного уровня подготовки при преодолении дистанции 500 м вольным стилем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 81 человек (мужчины, средний возраст $21,1 \pm 0,6$ года), которые были разделены на 3 равные группы по 27 человек в соответствии с профессиональным уровнем плавания:

- группа 1 — низкий уровень (нет систематических тренировок);
- группа 2 — средний уровень (систематические тренировки до 3-х лет);
- группа 3 — высокий уровень (систематические тренировки более 3-х лет, в том числе 9 пловцов международного класса).

Все участники выполняли норматив по плаванию на дистанцию 500 м с максимальной интенсивностью вольным стилем. Регистрация показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем проводилась до и после выполнения норматива.

Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы у испытуемых измеряли систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление, а также частоту сердечных сокращений (ЧСС) с помощью транспортного монитора на левом плече (Mindray BeneView N1, Китай). Для оценки состояния малого круга кровообращения перед выполнением норматива и после него измеряли показатель NO на выдохе с помощью анализатора оксида азота (NOBreath V2, Bedford Scientific Ltd, Великобритания). Рассчитывали пульсовое артериальное давление (ПАД) и среднее артериальное давление ($AD_{ср}$), ударный объем сердца (УОС) по формуле Старра, минутный объем кровообращения (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПС), индекс Квааса, индекс Кердо, индекс Робинсона и адаптационный потенциал (АП)¹.

Полученные результаты подвергали статистической обработке с использованием программы IBM SPSS Statistics. Проверку нормальности распределения количественных показателей оценивали с помощью критерия Шапиро — Уилка. Для оценки статистически значимых изменений ($p < 0,05$) связанных выборок (в период «до» и «после») применялся T -критерий Вилкоксона. Для оценки взаимосвязи между параметрами использовался корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения гемодинамических показателей пловцов при выполнении норматива (плавание вольным стилем

на 500 м) в разных группах пловцов, отличающихся уровнем профессиональной подготовки, представлены в таблице. Средний показатель времени выполнения норматива у испытуемых группы 1 составил $792,0 \pm 25,2$ с, группы 2 — $655,0 \pm 30,2$ с и группы 3 — $468,0 \pm 24,6$ с. Результат у пловцов с высоким профессиональным уровнем был лучше, чем у групп 1 и 2, на 69,2 и 40,1% соответственно. Полученные данные наглядно демонстрируют прямую зависимость между профессиональным уровнем и временем выполнения норматива.

У испытуемых группы 1 выявлены следующие статистически значимые изменения показателей: рост ЧСС (29,5%, $p < 0,05$), УОС (13,6%, $p < 0,05$), МОК (49,1%, $p < 0,05$), индекса Квааса (34,1%, $p < 0,05$), индекса Кердо (165,2%, $p < 0,05$) и индекса Робинсона (31,0%, $p < 0,05$), также обнаружено снижение NO (10,1%, $p < 0,05$) и ОПС (25,1%, $p < 0,05$) после выполнения норматива. Обнаружены две статистически значимые корреляционные связи исследуемых показателей с результатом выполнения норматива: УОС ($r = -0,381$, $p < 0,01$) и АП ($r = 0,287$, $p < 0,05$) после выполнения норматива, что свидетельствует о зависимости успешности выполнения норматива от сократительной функции сердца. У спортсменов группы 1 средний показатель увеличения УОС относительно небольшой, однако обнаружено, что люди с увеличением УОС (положительным инотропным эффектом регуляции работы сердца) показывают лучший результат при выполнении норматива.

Показатель МОК повышался за счет роста ЧСС и УОС. Отмечено снижение показателя ОПС. Индексы Квааса, Кердо и Робинсона повышались у спортсменов группы 1. Эти изменения свидетельствуют о наличии адаптационной реакции сердечно-сосудистой системы во время выполнения норматива.

Снижение уровня NO в выдыхаемом воздухе связано с истощением резервов синтеза оксида азота из-за гипоксии при предельной нагрузке, вследствие чего возникает локальный спазм сосудов малого круга кровообращения.

У испытуемых группы 2 выявлены следующие статистически значимые изменения показателей: рост ЧСС (29,7%, $p < 0,05$), ПАД (16,6%, $p < 0,05$), УОС (34,5%, $p < 0,05$), МОК (75,4%, $p < 0,05$), АП (7,2%, $p < 0,05$), индекса Квааса (21,8%, $p < 0,05$), индекса Кердо (56,4%, $p < 0,05$) и индекса Робинсона (33,3%, $p < 0,05$); а также снижение ДАД (13,6%, $p < 0,05$), NO (3,7%, $p < 0,05$) и ОПС (43,2%, $p < 0,05$) после выполнения норматива. В результате корреляционного анализа обнаружена статистически значимая связь с результатом норматива и АП после его выполнения ($r = 0,294$, $p < 0,05$), что показывает значимость адаптации при выполнении норматива.

У спортсменов группы 2 средний показатель УОС повышался в несколько раз больше, чем в группе 1, что, возможно, отразилось на результатах выполнения норматива. Показатель МОК также повышался за счет роста ЧСС и УОС. Отмечено выражено снижение ОПС. Индекс Кердо увеличивался менее значимо, чем у спортсменов группы 1, что характеризует стабилизацию

¹ Диагностические индексы и физиологические нагрузочные тесты. Пособие для врачей. Мурманск: Север; 2008.

Загрядский ВП, Сулимо-Самуйлло ЗК. Методы исследования в физиологии труда. Методическое пособие. Л.: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова; 1991.

Таблица. Изменение гемодинамических показателей пловцов при выполнении норматива (плавание вольным стилем на 500 м)

Показатель	Группа 1 (n = 27)			Группа 2 (n = 27)			Группа 3 (n = 27)		
	До плавания $M \pm SE$	После плавания $M \pm SE$	Δ , %	До плавания $M \pm SE$	После плавания $M \pm SE$	Δ , %	До плавания $M \pm SE$	После плавания $M \pm SE$	Δ , %
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	134,0 $\pm$ 3,2	132,6 $\pm$ 2,6	0,2	133,5 $\pm$ 2,6	128,3 $\pm$ 2,2	-2,9	132,6 $\pm$ 1,8	136,4 $\pm$ 2,3	3,1
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	76,3 $\pm$ 1,3	73,6 $\pm$ 2,6	-2,9	77,6 $\pm$ 1,6	66,4 $\pm$ 1,5*	-13,6	79,1 $\pm$ 1,4	68 $\pm$ 1,4*	-13,5
Частота сердечных сокращений, уд/мин	85,3 $\pm$ 2,1	109 $\pm$ 2,4*	29,5	81,4 $\pm$ 2,3	103,8 $\pm$ 3,1*	29,7	81,3 $\pm$ 2	106,6 $\pm$ 2,3*	33,5
Пульсовое артериальное давление, мм рт. ст.	59,1 $\pm$ 2,9	57,7 $\pm$ 2,7	2,3	54,5 $\pm$ 2,7	61,1 $\pm$ 2,8*	16,6	53,3 $\pm$ 2,2	68,3 $\pm$ 1,6*	32,7
Ударный объем сердца, мл	70,8 $\pm$ 1,7	79,1 $\pm$ 3*	13,6	67,8 $\pm$ 1,9	89 $\pm$ 2,2*	34,5	66,3 $\pm$ 1,7	92,6 $\pm$ 1,9*	41,9
Минутный объем кровообращения, мл	6060 $\pm$ 232	8604 $\pm$ 354*	49,1	5553 $\pm$ 258	9243 $\pm$ 380*	75,4	5365 $\pm$ 158	9852 $\pm$ 291*	90,8
Показатель оксида азота на выдохе, ppb	23,8 $\pm$ 2,3	20,3 $\pm$ 2*	-10,1	29 $\pm$ 4,5	22,7 $\pm$ 2*	-3,7	29,7 $\pm$ 3,3	31,8 $\pm$ 3,9*	11,2
Адаптационный потенциал, усл. ед.	2,56 $\pm$ 0,06	2,78 $\pm$ 0,05	10,0	2,51 $\pm$ 0,06	2,66 $\pm$ 0,04*	7,2	2,51 $\pm$ 0,04	2,65 $\pm$ 0,06*	5,8
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	95,5 $\pm$ 1,6	96,3 $\pm$ 1,7	1,4	96,2 $\pm$ 1,5	89,4 $\pm$ 0,8	-6,6	97 $\pm$ 1,2	89,9 $\pm$ 1,4	-7,0
Общее периферическое сопротивление сосудов, мм рт. ст. $\times$ с/мл	1,3 $\pm$ 0,05	0,93 $\pm$ 0,07*	-25,1	1,46 $\pm$ 0,06	0,78 $\pm$ 0,03*	-43,2	1,49 $\pm$ 0,06	0,75 $\pm$ 0,02*	-47,2
Индекс Квааса, усл. ед.	15,8 $\pm$ 0,1	19,9 $\pm$ 1,3*	34,1	15,3 $\pm$ 0,1	17,6 $\pm$ 0,7*	21,8	15,9 $\pm$ 0,5	16 $\pm$ 0,6	6,7
Индекс Кердо, усл. ед.	9,3 $\pm$ 2,6	31,9 $\pm$ 2,6*	165,2	2,9 $\pm$ 3,2	34,3 $\pm$ 2,7*	56,4	1,2 $\pm$ 2,8	35,7 $\pm$ 1,4*	50,7
Индекс Робинсона, усл. ед.	114,9 $\pm$ 4,8	145,2 $\pm$ 3,8*	31,0	109,5 $\pm$ 4,6	140,8 $\pm$ 3,9*	33,3	107,7 $\pm$ 2,9	145,7 $\pm$ 4,6*	37,6

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. * — $p < 0,05$; M — средний арифметический показатель группы; SE — стандартная ошибка среднего арифметического показателя; Δ — изменение по отношению к исходному значению.

работы вегетативной нервной системы. Этот процесс напрямую влияет на адаптационные возможности организма, что подтверждает влияние АП на успешность выполнения норматива. Индексы Квааса и Робинсона повышались практически так же, как в группе 1. Некоторое снижение уровня NO в выдыхаемом воздухе может свидетельствовать о незначительном сосудистом спазме малого круга кровообращения и его приспособительной реакции к водной среде.

У испытуемых группы 3 выявлены следующие статистически значимые изменения показателей после выполнения норматива: рост ЧСС (33,5%, $p < 0,05$), ПАД (32,7%, $p < 0,05$), УОС (41,9%, $p < 0,05$), МОК (90,8%, $p < 0,05$), NO (11,2%, $p < 0,05$), АП (5,8%, $p < 0,05$), индекса Кердо (50,7%, $p < 0,05$) и индекса Робинсона (37,6%, $p < 0,05$), также обнаружено снижение ДАД (13,5%, $p < 0,05$), и ОПС (47,2%, $p < 0,05$). В результате корреляционного анализа обнаружено несколько статистически значимых связей показателей после выполнения норматива с результатом норматива: АП ($r = 0,509$, $p < 0,01$), ЧСС ($r = 0,381$, $p < 0,05$) и индекс Робинсона ($r = 0,415$, $p < 0,01$). Зависимость успешности выполнения норматива от адаптационных возможностей уже имеет среднюю корреляционную связь (более 0,5, но менее 0,75), которая носит более выраженный характер по сравнению с группой 2.

Между ЧСС и индексом Робинсона выявлена сильная положительная связь ($r = 0,835$, $p < 0,001$), что говорит об однонаправленном действии. Взаимосвязь ЧСС с результатом выполнения норматива свидетельствует о том, что более поздний этап адаптации в тренировочном режиме у пловцов связан с более выраженным хронотропным эффектом регуляции работы сердца. АП, АД_{ср}, ОПС, индексы Кердо и Робинсона значительно повышались по сравнению с группой 2.

Следует отметить повышение уровня NO в выдыхаемом воздухе по сравнению с группами 1 и 2, что свидетельствует о вазодилатации сосудов малого круга кровообращения, за счет чего эффективно насыщаются кислородом ткани, которые подвергаются гипоксии при плавании. Большая концентрация NO в выдыхаемом воздухе и значительное снижение ОПС, которое отмечено и в группе 2, вероятно, являются результатом адаптации организма, направленной на увеличение объема циркулирующей крови при плавании [9].

Между тем индекс Квааса практически не изменялся у испытуемых группы 3, что отражает высокую тренированность в виде устойчивости сердечно-сосудистой

системы к гипоксии и ее экономизации. Рост ПАД отражает усиление сократимости сердца, которое, вероятно, явилось причиной увеличения УОС и МОК.

Таким образом, плавание в тренировочном режиме вызывает изменения в кардиореспираторной системе организма пловцов. На начальном этапе изменения происходят в виде усиления инотропного эффекта регуляции сердца [10]. Со временем возникает адаптационный сдвиг, сопровождающийся включением хронотропного механизма регуляции, который на высоком уровне тренированности (группа 3) становится выраженным. На завершающем этапе адаптации происходят изменения в сосудистой системе (малый и большой круги кровообращения), эти изменения позволяют максимально быстро устранить высокий кислородный запрос организма.

ВЫВОДЫ

1. У пловцов с низким и средним профессиональными уровнями изменения носили истощающий характер: наблюдался выраженный рост ЧСС при относительно низком увеличении ударного объема, уровень NO снижался на 10,1 и 3,7% соответственно, а приросты МОК оказались значительно меньше (49,1 и 75,4%), чем у пловцов с высоким профессиональным уровнем.
2. У пловцов с высоким профессиональным уровнем определяется сбалансированная и экономичная реакция: рост минутного объема кровообращения (90,8%) за счет увеличения ударного объема сердца (41,9%) и умеренного роста ЧСС (33,5%), выраженное снижение общего периферического сопротивления сосудов (47,2%) и рост уровня NO в выдыхаемом воздухе (11,2%), свидетельствующий о развитии эндотелий-зависимой вазодилатации.
3. Корреляционный анализ подтвердил, что у пловцов с высоким профессиональным уровнем успешность выполнения норматива связана с адаптационным потенциалом, ЧСС и индексом Робинсона.
4. С ростом профессионального уровня у пловцов формируется комплекс адаптационных перестроек: усиливается инотропная функция сердца, оптимизируется сосудистый тонус и вегетативная регуляция. Это повышает эффективность выполнения предельных нагрузок при плавании в воде.
5. Для систематизации адаптационных перестроек организма пловцов в ходе тренировочного процесса необходимо проведение клинико-экспериментальных исследований.

Литература / References

1. Boussuges A, Gole Y, Mourot L, Jammes Y, Melin B, Regnard J, et al. Haemodynamic changes after prolonged water immersion. *Journal of Sports Sciences*. 2009;27(6):641–9. <https://doi.org/10.1080/02640410902717001>
2. Sheldahl LM, Tristani FE, Clifford PS, Kalbfleisch JH, Smith G, Hughes CV. Effect of head-out water immersion on cardiorespiratory response to dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1986;60(6):1878–81. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.6.1878>
3. Крюков ЕВ, Цыган ВН, Ивченко ЕВ, Касымов ОТ, Лемешенко АВ, Фатеев ИВ и др. Гипоксия в экстремальных условиях Арктики и военно-профессиональной деятельности. СПб.: СпецЛит; 2023. Kryukov EV, Tsygan VN, Ivchenko EV, Kasymov OT, Lemeshchenko AV, Fateev IV, et al. *Hypoxia in extreme conditions of the arctic and military professional activities*. St. Petersburg: SpetsLit; 2023 (In Russ.). EDN: YVEKJY
4. Arce-Álvarez A, Veliz C, Vazquez-Muñoz M, von Igel M, Alvares C, Ramirez-Campillo R, et al. Hypoxic respiratory chemoreflex control in young trained swimmers. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:632603. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.632603>

5. Lewis DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*. 2013;43(9):773–81. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
6. Woorons X, Mucci P, Richalet JP, Pichon A. Hypoventilation training at supramaximal intensity improves swimming performance. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 2010;42(3):602–9. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000863>
7. La Gerche A, Inder WJ, Roberts TJ, Brosnan MJ, Heidbüchel H, Prior DL. Relationship between swimming training volume and cardiac adaptation in competitive swimmers. *PLOS One*. 2015;10(6):e0130031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130031>
8. Зверев ДП, Мясников АА, Шитов АЮ, Чернов ВИ, Андрусенко АН, Кленков ИР и др. Физиологическое обоснование определения устойчивости водолазов к токсическому действию кислорода с помощью пероральных нагрузочных почечных проб. *Морская медицина*. 2020;3:50–9. Zverev DP, Myasnikov AA, Shitov AYU, Chernov VI, Andrusenko AN, Klenkov IR, et al. Physiological justification for determining the resistance of divers to the toxic effect of oxygen using oral renal load tests. *Marine Medicine*. 2020;6(3):50–9 (In Russ.). EDN: [SPSGDO](#)
9. Колесникова ВИ, Таштиев РИ. Польза плавания для студентов. *Тенденции развития науки и образования*. 2025;119(4):71–3. Kolesnikova VI, Tashtiev RI. Benefits of swimming for students. *Trends in the Development of Science and Education*. 2025;119(4):71–3 (In Russ.). EDN: [IVYRLE](#)
10. Харисова НМ, Миндубаева ФА, Смирнова ЛМ. Синдром перетренированности у спортсменов: диагностика и коррекция. *Медицина и экология*. 2025;4:59–69. Kharisova NM, Mindubaeva FA, Smirnova LM. Overtraining syndrome in athletes: diagnosis and correction. *Medicine and Ecology*. 2025;4:59–69 (In Russ.). <https://doi.org/10.59598/ME-2305-6053-2025-117-4-59-69>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: И.Р. Кленков — дизайн исследования, проведение исследования, анализ данных, написание текста; Д.Ф. Покровская — создание черновика рукописи, проведение статистического анализа; Г.М. Цыбина — создание черновика рукописи, проведение статистического анализа; М.В. Сальников — проведение исследования, анализ данных; Ж.Ж. Шакаев — анализ данных.

Об авторах:

Кленков Ильяс Рифатьевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1465-1539>

Покровская Дарья Федоровна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6974-0529>

Цыбина Галина Максимовна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3905-1002>

Сальников Максим Владимирович, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4342-9163>

Шакаев Женис Жомартovich, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5329-8812>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-457>

УДК 616-08-035



ПРИМЕНЕНИЕ ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ ПЛАЗМЫ ПОЗВОЛЯЕТ ПОВЫСИТЬ КАЧЕСТВО ЖИЗНИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ СПОРТСМЕНОВ С ТРАВМАМИ КРУПНЫХ СУСТАВОВ

И.В. Зябкин^{1,2,3}, Е.В. Завалева^{1,2,4}, А.М. Ковалькова¹, В.А. Мухортых^{1,2}, И.В. Панкратов¹¹ Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия³ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия⁴ Федеральное научно-клиническое учреждение здравоохранения «Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Введение. Актуальность исследования обоснована проводимой государственной политикой, ростом количества детей и подростков, занимающихся физической культурой и спортом, высоким процентом травм, получаемых во время занятий спортом, и, как следствие, необходимостью внедрения инновационных методов терапии, минимизирующих срок лечения и обеспечивающих скорейшее возвращение к учебно-тренировочному процессу. Оценка качества жизни испытуемых при проведении исследований является одним из индикаторов (компонентов) комплексной оценки эффективности внедряемых медицинских технологий.

Цель. Оценка качества жизни несовершеннолетних спортсменов сборных команд Российской Федерации в возрасте 10–17 лет включительно с травмами и повреждениями крупных суставов после проведения курса терапии обогащенной тромбоцитами плазмой (PRP).

Материалы и методы. Проведено одноцентровое проспективное контролируемое открытое исследование с участием 22 несовершеннолетних спортсменов: медианный возраст — 16 [15,25; 17,0] лет (девочки — 17 [16,0; 17,0] лет; мальчики — 16 [14,5; 16,0] лет) с травмами и повреждениями крупных суставов. PRP-терапия (три инъекции с интервалом в одну неделю) применялась в соответствии со стандартизированной в медицинской организации закрытой методикой с использованием коммерческого набора Arthrex. Проведены: объективный осмотр, консультации врача травматолога-ортопеда, оценка болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале, мышечной силы по шести степеням по стандартной классификации Hislop и Montgomery, функциональных тестов оценки целостности передней крестообразной связки — теста Лахмана и связок коленного и голеностопного суставов — теста переднего выдвижного ящика, клинико-лабораторные исследования (общий анализ крови), инструментальные исследования (магнитно-резонансная томография — МРТ). Оценка качества жизни несовершеннолетних спортсменов проведена по опроснику PedsQL 4.0. Статистическая обработка данных выполнена с применением Excel и пакета прикладных программ JASP v.0.16.

Результаты. После курса PRP-терапии у спортсменов статистически значительно повысились показатели качества жизни, оцененные по PedsQL 4.0. Наибольшая положительная динамика на 23,1% (73 [63; 87] балла при первичном осмотре против 83 [81; 94] баллов при динамической оценке) отмечена по шкале ролевого функционирования. По шкале физического функционирования показатели были повышены на 13,7% по сравнению с первичными данными, зарегистрирована умеренная динамика эмоционального функционирования (6,7%). Установлено 8 вопросов в разрезе 4 шкал, по которым определена статистически значимая ($p < 0,001$) положительная динамика до и после проведения PRP-терапии, наиболее выраженные изменения отмечены респондентами в показателе физического и ролевого функционирования. Зафиксирована статистически значимая положительная динамика болевого синдрома при применении PRP, с максимальным эффектом после двух инъекций. Снижение интенсивности болевого синдрома не ассоциировано с улучшением показателей качества жизни, однако данный аспект может быть связан с особенностями этапа физического созревания и требует продолжения изучения влияния отдельных факторов на оценку качества жизни несовершеннолетними спортсменами.

Выводы. Проведение курса PRP-терапии минимизирует болевой синдром, а также оказывает положительное влияние на качество жизни несовершеннолетних спортсменов с травмами опорно-двигательного аппарата, что проявляется не только в улучшении физического состояния, но и эмоционального, ролевого и социального. Оценка качества жизни может служить дополнительным критерием эффективности применения обогащенной тромбоцитами плазмы при травмах крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов.

Ключевые слова: спортивная медицина; оценка качества жизни; PRP-терапия; несовершеннолетние спортсмены; спортивные травмы; эффективность терапии; опросник PedsQL 4.0

Для цитирования: Зябкин И.В., Завалева Е.В., Ковалькова А.М., Мухортых В.А., Панкратов И.В. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы позволяет повысить качество жизни несовершеннолетних спортсменов с травмами крупных суставов. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):400–406. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-457>

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания, рег. № 124022800121-3, тема НИР «PRP-терапия при травмах и заболеваниях крупных суставов у юниоров спортивных сборных команд Российской Федерации» (шифр «PRP-терапия при травмах»; код 83.002.24.800).

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «ФНКЦ детей и подростков ФМБА России» (протокол № 2 от 15.05.2025). Всеми спортсменами, родителями/опекунами или законными представителями юниоров подписано добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Завалева Елена Валентиновна zavalevaev@kidsfmba.ru

Статья поступила: 30.01.2026 **После доработки:** 05.05.2026 **Принята к публикации:** 13.05.2026 **Online first:** 22.07.2026

PLATELET-RICH PLASMA ENHANCES QUALITY OF LIFE IN ADOLESCENT ATHLETES WITH MAJOR JOINT INJURIES

Ilya V. Zيابкин^{1,2,3}, Elena V. Zavaleva^{1,2,4✉}, Alexandra M. Kovalkova¹, Valeriy A. Mukhortykh^{1,2}, Ivan V. Pankratov¹

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

² State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

⁴ Federal Scientific and Clinical Center of Medical Rehabilitation and Balneology of the Federal Medical and Biological Agency, Solnechnogorsk, Russia

Introduction. The relevance of the study is substantiated by the ongoing state policy, the increasing number of children and adolescents engaged in physical education and sports, the high rate of injuries sustained during sports activities, and, consequently, the need to implement innovative treatment methods that minimize the duration of therapy and ensure the fastest possible return to the training process. Assessment of the subjects' quality of life during research is one of the indicators (components) of the comprehensive evaluation of the effectiveness of the implemented medical technologies.

Objective. To assess the quality of life of underage athletes (aged 10–17 years inclusive) from Russian national teams with injuries and damage to major joints after a course of platelet-rich plasma therapy (PRP).

Materials and methods. Single-center, prospective, controlled, open-label study involving 22 adolescent athletes: median age 16 [15.25; 17.0] years (girls — 17 [16.0; 17.0] years; boys — 16 [14.5; 16.0] years) with injuries and lesions of large joints. PRP therapy (three injections at one-week intervals) was performed according to a standardized closed protocol used in the medical institution, using a commercial Arthrex kit. The following were performed: objective examination, consultations with an orthopedic traumatologist, pain assessment using a visual analog scale, muscle strength assessment according to the six-grade Hislop and Montgomery classification, functional tests to assess the integrity of the anterior cruciate ligament — the Lachman test and the ligaments of the knee and ankle joints — the anterior drawer test, clinical and laboratory tests (complete blood count), instrumental examinations (MRI — magnetic resonance imaging). Quality of life of adolescent athletes was assessed using the PedsQL 4.0 questionnaire. Statistical data processing was performed using Excel and the JASP v.0.16 software package.

Results. After the cycle of PRP therapy, athletes demonstrated a statistically significant improvement in quality-of-life scores as assessed by the PedsQL 4.0. The greatest positive dynamics, an increase of 23.1% (73 [63; 87] points at initial examination vs. 83 [81; 94] points at follow-up assessment), was observed on the role functioning scale. Physical functioning scores improved by 13.7% compared to baseline, while emotional functioning showed moderate improvement (6.7%). Statistically significant positive dynamics ($p < 0.001$) before and after PRP therapy were identified for eight items across four scales, with the most pronounced changes reported by respondents on the physical and role functioning scales. A statistically significant positive dynamic in pain intensity was also recorded after PRP therapy, with the maximum effect observed after two injections. The reduction in pain intensity was not associated with improvement in quality-of-life scores; however, this aspect may be related to the specific stage of physiological maturation and requires further study of the influence of individual factors on quality-of-life assessment by adolescent athletes.

Conclusions. PRP therapy minimizes pain and also has a positive impact on the quality of life of juvenile athletes with musculoskeletal injuries, manifesting not only in improved physical condition but also in emotional, role, and social functioning. Quality of life assessment may serve as an additional criterion for evaluating the PRP therapy effectiveness for major joint injuries in juvenile athletes.

Keywords: sports medicine; quality of life assessment; PRP therapy; adolescent athletes; sports injuries; treatment efficacy; PedsQL 4.0

For citation: Zيابкин I.V., Zavaleva E.V., Kovalkova A.M., Mukhortykh V.A., Pankratov I.V. Platelet-rich plasma enhances quality of life in adolescent athletes with major joint injuries. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):400–406. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-457>

Funding. The work was carried out within the framework of a state assignment, registration No. 124022800121-3, research topic “PRP therapy for injuries and diseases of large joints in juniors of Russian national sports teams” (code “PRP therapy for injuries”; code 83.002.24.800).

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the FMBA of Russia (minutes No. 2 dated 15.05.2025). Voluntary informed consent to participate in the study was signed by all athletes, parents/guardians, or legal representatives of the juniors.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Elena V. Zavaleva zavalevaev@kidsfmba.ru

Received: 30 Jan. 2026 **Revised:** 5 May 2026 **Accepted:** 13 May 2026 **Online first:** 22 July 2026

ВВЕДЕНИЕ

Формирование здорового спортивного будущего страны является ключевой задачей медико-биологического обеспечения спорта высших достижений, ответственность за исполнение которой возложено на Федеральное медико-биологическое агентство. По итогам 2025 г. 93,4% детей и подростков в России занимаются физической культурой и спортом, при этом доля спортивного травматизма составляет 35,8%¹. В данном аспекте с целью скорейшего возвращения юных атлетов к тренировочно-соревновательной деятельности и в спорт высших достижений необходимо внедрение инновационных

методов терапии и реабилитации, к которым относится в том числе применение плазмы, обогащенной тромбоцитами — PRP (platelet-rich plasma)².

PRP относится к методам регенеративной медицины, демонстрирует выраженные противовоспалительные, анальгетические, регенераторные и антиапоптотические свойства. PRP обладает потенциалом для усиления привлечения стволовых клеток, ангиогенеза и продукции внеклеточного матрикса, а также способствует остеогенезу и остеоиндукции. Благодаря данным механизмам действия PRP широко применяется в терапии травм опорно-двигательного аппарата. Клинические исследования подтверждают высокую

¹ NCAA Injury Surveillance 1997–1998. Overland Park, Kan: National Collegiate Athletic Association; 1998.

² Рябов ВП, Нуруллин ИФ, Курмаев ЗФ. Профессиональные травмы и заболевания у спортсменов: методическое пособие. Казань: Казан. ун-т; 2017.

эффективность PRP-терапии при пателлярной тендинопатии, латеральном эпикондилите, повреждении ротаторной манжеты плеча, а также при травмах сухожилий и мышц различной локализации [1, 2].

PRP относится к классу ортобиологических препаратов и представляет собой аутологичный биоматериал, стимулирующий регенеративные процессы тканей при минимальном риске нежелательных реакций. Процедура введения PRP является малоинвазивной и при строгом соблюдении протокола выполнения характеризуется крайне низкой частотой осложнений. PRP получила широкое применение в спортивной травматологии и ортопедии, при остеоартрозе у взрослых, однако работ, посвященных использованию PRP у несовершеннолетних спортсменов, недостаточно [3].

В то же время при оценке эффективности или неэффективности метода необходимо принимать во внимание не только динамику патологического процесса, но и влияние последнего на социальную и бытовую активность, способность человека к самообслуживанию.

В настоящее время качество жизни занимает центральное место в сфере здравоохранения как «интегральная характеристика физического, психического, эмоционального и социального функционирования здорового или больного человека, основанная на его субъективном восприятии»³. В некоторых работах представлена оценка качества жизни пациентов кардиологического и неврологического профилей, в геронтологии и трансплантологии. Крайне мало исследований, посвященных качеству жизни спортсменов при получении травм и повреждений. При этом, по данным литературы, в подростковом возрасте травмы, возникающие в спорте, могут стать причинами эмоционального выгорания и преждевременного окончания спортивной карьеры [4].

Цель работы — оценка качества жизни несовершеннолетних спортсменов сборных команд Российской Федерации в возрасте 10–17 лет с травмами и повреждениями крупных суставов после проведения курса PRP-терапии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено одноцентровое проспективное контролируемое открытое исследование с участием пациентов детского возраста (10–17 лет), являющихся профессиональными спортсменами, с травмами и повреждениями крупных суставов.

Исследование проведено на группе несовершеннолетних спортсменов с травмами и повреждениями крупных суставов, которые получили курс PRP-терапии, состоявших из трех инъекций с промежутком в одну неделю. В него включены 22 несовершеннолетних профессиональных спортсмена с травмами и повреждениями крупных суставов, при этом девочек и мальчиков было равное количество (95% ДИ [29,11%; 70,89%]). Медиана возраста юных атлетов — 16 [15,25; 17,0] лет (девочки — 17 [16,0; 17,0] лет; мальчики — 16 [14,5; 16,0] лет). Спортсмены с травмами коленного сустава составили 11 (50%), голеностопного — 5 (22,7%), плечевого — 3 (13,6%), локтевого — 2 (9,1%)

и тазобедренного сустава — 1 (4,6%). Распределение по группам спорта: сложнокоординационные — 45,4%, игровые — 36,4%, спортивные единоборства — 18,2%.

Критерии включения спортсменов в исследование: возраст 10–17 лет; наличие любой спортивной специализации; по локализации травмы — крупные суставы (коленный, голеностопный, локтевой, плечевой, тазобедренный); по типу поврежденной ткани — хрящ, сухожилие, мышца, мышцелок, связка; отсутствие в анамнезе положительного эффекта от консервативного лечения (лечебной физкультуры, физиотерапевтического лечения, применения НПВС или медикаментов других групп); по характеру травмы — острая или в результате перенапряжения; отсутствие костно-травматических изменений по данным визуализации; соответствие показаниям проведения PRP-терапии.

Критериями исключения из исследования явились: возраст младше 10 лет; наличие инфекционного процесса, травматических и (или) воспалительных поражений кожи в зоне предполагаемой инъекции; острый период травмы; аутоиммунные заболевания; отклонения в лабораторных показателях крови: коагулопатии, концентрация гемоглобина менее 90 г/л, количество тромбоцитов менее 100 тыс./мкл, повышение уровня лейкоцитов (за счет нейтрофилов) $> 9 \times 10^6$ в мл; отягощенный аллергоанамнез (на компоненты PRP); показания к хирургическому лечению.

PRP-терапия применялась в соответствии со стандартизированной в медицинской организации закрытой методикой с использованием коммерческого набора Arthrex⁴.

В соответствии с утвержденным протоколом исследования у несовершеннолетних профессиональных спортсменов проведены: объективный осмотр (сбор жалоб и анамнеза), консультации врача травматолога-ортопеда, оценка болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале [5], мышечной силы по шести степеням, используя стандартную классификацию Hislop и Montgomery (2000)⁵, функциональных тестов оценки целостности передней крестообразной связки — теста Лахмана [6] и связок коленного и голеностопного суставов — теста переднего выдвижного ящика [7], клинико-лабораторные исследования (общий анализ крови), инструментальные исследования (магнитно-резонансная томография — МРТ).

Также спортсменам проведено разъяснение особенностей участия в исследовании, заполнение сопроводительной документации. Всего выполнено шесть визитов; при этом во время первого визита осуществляли оценку общего состояния и анализ лабораторных показателей, в этот же день или во время второго визита (на следующий день) юным атлетам под ультразвуковым контролем проводили первую инъекцию PRP. Состояние здоровья спортсменов оценивали в динамике перед началом терапии, перед каждой последующей инъекцией (для исключения противопоказаний к PRP) и после окончания лечения.

Оценка качества жизни несовершеннолетних спортсменов проведена по опроснику PedsQL 4.0 (Generic Core Scales для оценки качества жизни детей), являющемуся универсальным инструментом получения

³ Новик АА, Ионова ТИ, Шевченко ЮЛ. *Руководство по исследованию качества жизни в медицине*. 2-е изд. М.: ОЛМА Медиа Групп; 2007.

⁴ Приказ ФГБУ «ФНКЦ детей и подростков ФМБА России» от 10.02.2025 № 55 «Об утверждении протокола исследования эффективности PRP-терапии при травмах и заболеваниях крупных суставов у юниоров спортивных сборных команд Российской Федерации».

⁵ Валериус КР. *Мышцы. Анатомия. Движения. Тестирование*. Пер. с англ. под ред. Цыкунова МБ. М.: Практическая медицина; 2015.

данных о параметрах качества жизни детей и подростков 8–12 и 13–17 лет⁶. Опросник состоит из 23 вопросов, которые объединены в следующие оценочные шкалы:

- физическое функционирование (ФФ) — показатели шкалы отражают объем повседневной физической нагрузки, который не ограничен состоянием здоровья: чем он выше, тем большую физическую нагрузку может выполнить респондент. Низкие показатели по этой шкале свидетельствуют о значительных физических ограничениях. Шкала содержит 8 вопросов;
- эмоциональное функционирование (ЭФ) — предполагает оценку степени, в которой эмоциональное состояние мешает выполнению работы и повседневной деятельности, включая большие затраты времени на выполнение, уменьшение объемов сделанной работы, снижение ее качества: чем выше данный показатель, тем меньше эмоциональное состояние ограничивает повседневную активность респондента. Шкала включает 5 вопросов;
- социальное функционирование (СФ) — оценивает удовлетворенность уровнем социальной активности (общение, проведение времени, досуг, взаимоотношения с окружающими) и отражает степень, в которой физическое или эмоциональное состояние респондента их ограничивает: чем выше данный показатель, тем выше социальная активность. Низкие баллы соответствуют значительному ограничению социальных контактов, снижению уровня общения в связи с ухудшением здоровья. Шкала включает 5 вопросов;
- ролевое функционирование (школьное функционирование) (РФ) — шкала, характеризующая степень ограничения выполнения работы или повседневных обязанностей теми проблемами, которые связаны со здоровьем: чем выше показатель, тем меньше, по мнению респондента, проблем со здоровьем. Низкие показатели свидетельствуют об ограничении повседневной активности в связи с неблагоприятным физическим состоянием здоровья. Шкала содержит 5 вопросов.

Респондентам на каждый вопрос в зависимости от частоты встречаемости того или иного признака, отраженного в разрезе оценочных шкал, было предложено пять вариантов ответов: «никогда», «почти никогда», «иногда», «часто», «почти всегда». Каждому варианту присваивались стандартизированные баллы по 100-балльной оценочной шкале: «никогда» — 100 баллов; «почти никогда» — 75 баллов; «иногда» — 50 баллов; «часто» — 25 баллов; «почти всегда» — 0 баллов.

Общее количество баллов для всех модулей рассчитывали по 100-балльной шкале после процедуры шкалирования: чем выше итоговая величина, тем лучше качество жизни ребенка. Для получения результатов по каждой из шкал функционирования вычисляли среднее арифметическое по формуле:

$$X = X_1 + X_2 + X_n / n, \quad (1)$$

где X — итоговое значение по каждой из шкал; X_1 , X_2 , ..., X_n — баллы, полученные после проведенного

шкалирования по каждому вопросу; n — количество вопросов в каждой из шкал функционирования.

Статистическая обработка данных проведена с использованием Excel и пакета прикладных программ JASP v.0.16. Качественные признаки представлены в виде долей (%) и 95% доверительного интервала для доли. Ввиду того что изучаемые показатели не имели нормального распределения, данные представлены в виде медианы (M_0) с межквартильным размахом [Q_1 ; Q_3]. Внутригрупповое сравнение проведено посредством непараметрического критерия Уилкоксона, за критический уровень значимости различий принимали $\alpha \leq 0,05$. С целью установления связи между оценкой качества жизни и интенсивностью болевого синдрома перед началом курсового лечения обогащенной тромбоцитами плазмой и после PRP-терапии выполнен корреляционный анализ (по Спирмену).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе работы при оценке качества жизни у несовершеннолетних спортсменов с травмами и повреждениями крупных суставов установлено, что после курса PRP-терапии у спортсменов статистически значимо ($p < 0,001$) повысились показатели качества жизни, оцененные по PedsQL 4.0. Наибольшая положительная динамика (23,1%) отмечена по шкале ролевого функционирования (медианные значения составили 73 [63; 87] балла при первичном осмотре против 83 [81; 94] баллов при динамической оценке). Респондентами отмечено субъективное улучшение физического состояния: по шкале физического функционирования в ходе динамической оценки после проведенной терапии показатели повысились на 13,7% по сравнению с первичными данными. Отмечена умеренная динамика эмоционального функционирования на 6,7%; показатели социального функционирования были исходно высокими, в связи с чем прирост при динамической оценке был незначительным — 5,3% (рис. 1).

Дополнительно в исследовании изучена динамика оценки каждого показателя по изучаемым шкалам в аспекте субъективных ответов на вопросы (рис. 2). Выявлены статистически значимые ($p < 0,001$) отличия в оценивании ответов при повторном анкетировании. При этом наиболее выраженная динамика (прирост на 50%) отмечена респондентами в показателе физического функционирования при ответе на вопрос «Мне трудно бегать» (медианное значение 50 [50; 100] при первичном приеме, а после терапии — 75 [75; 100]) и «Меня беспокоит боль» (50 [50; 75] при первичном приеме и 75 [75; 75] — после проведения терапии); в показателе ролевого функционирования — при ответе на вопрос «Я пропускал школу потому, что мне надо было ехать к врачу или в больницу» (50 [50; 75] при первичном приеме, а после терапии — 75 [75; 75]).

Особого внимания заслуживает положительная динамика по вопросам, отражающим социальную адаптацию и эмоциональное состояние. Так, статистически значимые изменения ($p < 0,001$) до и после проведения PRP-терапии отмечены по вопросу «Я не умею делать то, что умеют мои ровесники» (75 [75; 100]

⁶ Никитина Т.П. Разработка и оценка свойств русской версии опросника Pedsq для исследования качества жизни детей 8–18 лет: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.: 2004.

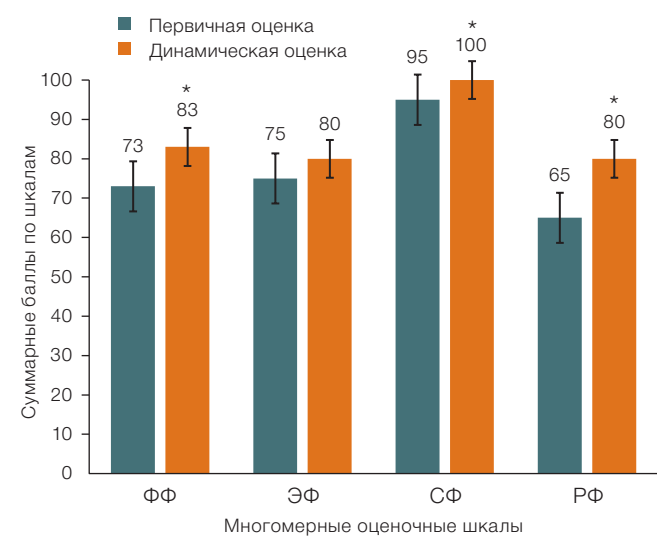


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Динамика качества жизни несовершеннолетних спортсменов (PedsQL 4.0) до и после проведения курса PRP-терапии. ФФ — физическое функционирование, ЭФ — эмоциональное функционирование, СФ — социальное функционирование, РФ — ролевое функционирование; * $p < 0,001$ — статистически значимое отличие по сравнению с показателем при первичной оценке; представлены медианные значения показателей

при первичном анкетировании, 100 [100;100] — при динамическом) и «Я переживаю о том, что может случиться» (75 [75; 100] при первичном приеме, 87 [75; 100] — после проведения терапии). Таким образом, после курса PRP-терапии несовершеннолетние спортсмены ощущают себя наравне со сверстниками и становятся более эмоционально стабильными.

В работе проведен анализ динамики болевого синдрома, оценка которого осуществлялась по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) (табл.).

При оценке боли установлено, что ее интенсивность достоверно снижалась уже после первой инъекции PRP ($4,90 \pm 1,63$ балла до лечения против $3,45 \pm 1,10$ балла после первой инъекции; $p < 0,001$). Максимальный эффект отмечали к четвертому визиту, спустя две недели после начала терапии (после двух инъекций PRP):

Таблица. Динамика болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале при проведении курса PRP-терапии

Показатель	Визит 1 (2)	Визит 3	Визит 4	Визит 5	Визит 6
Уровень выраженности болевого синдрома, балл	4,90 ± 1,63	3,45 ± 1,10	2,04 ± 1,04	0,90 ± 0,97	0,20 ± 0,50
Уровень статистической значимости, p	<0,001				
		<0,001			
			0,776		
				<0,001	

Таблица подготовлена авторами по собственным данным

Примечание. Данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$).



Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Анализ изменений при оценке качества жизни спортсменов в разрезе вопросов по каждому из показателей. РФ — ролевое функционирование, СФ — социальное функционирование, ЭФ — эмоциональное функционирование, ФФ — физическое функционирование; представлены статистически значимые ($p < 0,005$) медианные значения показателей

уровень боли снизился до $2,04 \pm 1,04$ балла, после чего наблюдали стабилизацию и дальнейшее улучшение состояния здоровья спортсменов — к 12-недельному сроку (визит 6) средний балл уровня боли составил $0,20 \pm 0,50$ ($p < 0,001$).

В ходе исследования не выявлена статистически значимая ($p > 0,05$) корреляционная связь между интенсивностью болевого синдрома и показателями

качества жизни как на исходном этапе, так и через 12 недель наблюдения.

ОБСУЖДЕНИЕ

PRP-терапия — это инновационный метод лечения, который активно применяется в различных областях медицины, особенно в ортопедии и спортивной медицине [8–11]. Данный метод основан на использовании аутологичной (собственной) плазмы крови пациента, обогащенной тромбоцитами [8]. Тромбоциты содержат факторы роста, которые стимулируют регенерацию тканей, ускоряют заживление и способствуют восстановлению после травм или операций [11]. Одним из главных преимуществ PRP-терапии является быстрое восстановление после процедуры [9, 10]. Пациенты могут вернуться к спортивным нагрузкам уже через несколько дней после ее проведения. Кроме того, PRP может помочь улучшить кровообращение и обмен веществ в тканях сустава, также способствующих их восстановлению. Этот метод является безопасным, что связано с минимальным риском аллергических реакций. Что немаловажно, состав PRP может быть адаптирован под индивидуальные потребности пациента; это делает метод универсальным для различных видов травм и заболеваний.

В работе С. Киа и соавт. долгосрочные результаты наблюдения за пациентами выявили значительно меньшую выраженность болевого синдрома в группе PRP по сравнению с контрольной группой (взвешенная средняя разница (WMD) $-0,84$; 95% ДИ: $-1,23$, $-0,44$; $p < 0,01$). У пациентов, получавших лечение PRP при травмах ротаторной манжеты плеча (WMD, $-0,53$; 95% ДИ: $-0,98$, $-0,09$; $p = 0,02$) и латеральном эпикондилите (WMD $-1,39$; 95% ДИ: $-2,49$, $-0,29$; $p = 0,01$), отмечено значительное уменьшение болевого синдрома в долгосрочной перспективе [12, 13].

По данным Р.А. Симонова и соавт., применение аутологичной PRP футболистам в возрасте 13–18 лет в комплексной терапии при травмах коленного сустава показало статистически значимую эффективность в уменьшении болевого синдрома и улучшении функционального состояния сустава [3].

М.В. Поресци продемонстрировал в своем исследовании эффективность и безопасность применения PRP у 30 пациентов в возрасте 12–17 лет с травмами мениска. Показано снижение болевого синдрома по шкале ВАШ и общие «отличные» и «хорошие» результаты PRP-терапии у 76,7% пациентов [14].

В исследовании А. Негдеа и соавт. отмечено снижение болевого синдрома и улучшение балла Лисхолма у молодых любителей-спортсменов с повреждением мениска: 83,3% спортсменов вернулись к занятиям спортом и ежедневной физической активности через месяц после PRP-терапии [15].

Таким образом, PRP рассматривается как безопасный и эффективный метод, способствующий не только физическому восстановлению [16, 17], но и психологической реинтеграции ввиду скорого возвращения к привычной жизни, что особенно важно для несовершеннолетних спортсменов: 70–80% 15-летних подростков перестают заниматься спортом [18], а одной из главных причин, помимо травматизма, является эмоциональное выгорание ребенка [19].

Однако по этим работам судить об улучшении качества жизни приходится только косвенно, так как специализированные опросники в них не применялись.

В нашем исследовании анализ динамики показателей качества жизни по опроснику PedsQL 4.0 продемонстрировал статистически значимое улучшение ($p < 0,001$) по всем многомерным оценочным шкалам после курса PRP-терапии, но корреляционная взаимосвязь между качеством жизни и болевым синдромом у спортсменов как перед, так и после проведения курсового лечения PRP не установлена. В данном аспекте представляется интересным изучение влияния различных факторов на оценку качества жизни несовершеннолетних спортсменов с травмами опорно-двигательного аппарата. Это связано с возрастным этапом, ведь подростковый период — время как физического созревания, так и других возрастных психологических или социокультурных изменений, каждое из которых сопряжено с рисками, возможностями и может повлиять на психоэмоциональное состояние [20], что, в свою очередь, несомненно скажется на субъективной оценке качества жизни.

Проведение исследования качества жизни несовершеннолетних спортсменов с травмами крупных суставов, прошедших курс PRP-терапии, сопряжено с рядом ограничений. В нашей работе такими ограничениями являются небольшой размер выборки ($n = 22$) и субъективность данных самооценки у детей и подростков, поскольку использовался анкетный метод и на ответы респондентов могло повлиять их текущее эмоциональное состояние. В то же время опросник PedsQL 4.0 является валидированным инструментом оценки качества жизни и имеет возрастную модификацию, однако не учитывает специфики спортивной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенном исследовании показано, что курс PRP-терапии приводит к статистически значимому улучшению качества жизни у юных спортсменов с травмами и повреждениями крупных суставов по всем шкалам опросника PedsQL 4.0; при этом наиболее выраженный эффект отмечен в области ролевого функционирования, что свидетельствует о восстановлении способности к полноценному участию в спортивной и учебной деятельности.

Отсутствие корреляции между уровнем болевого синдрома и качеством жизни (как до, так и после PRP-терапии) позволяет предположить, что у несовершеннолетних спортсменов качество жизни определяется не только наличием и интенсивностью боли, но и рядом других факторов, включая мотивацию, поддержку семьи и команды, а также перспективу возвращения к учебно-тренировочному процессу.

Умеренная динамика эмоционального функционирования подчеркивает целесообразность интеграции психологической поддержки в комплексную терапевтическую программу юных атлетов при травмах опорно-двигательного аппарата.

Таким образом, PRP-терапия выступает не только как эффективный метод купирования боли и ускорения регенерации при травмах опорно-двигательного аппарата, но и как важный компонент для сохранения и восстановления качества жизни юных спортсменов.

Литература / References

1. Fang J, Wang X, Jiang W, Zhu Y, Hu Y, Zhao Y, et al. Platelet-Rich Plasma therapy in the treatment of diseases associated with orthopedic injuries. *Tissue Engineering. Part B: Reviews*. 2020;26(6):571–5. EDN: YYAVSU
2. Milano G, Sanchez M, Jo C, Saccomanno M, Thampatty B, Wang J. Platelet-rich plasma in orthopaedic sports medicine: state of the art. *Journal of ISAKOS*. 2019;4:188–95. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2019-000274>
3. Симонов РА, Самойлов АС, Рылова НВ, Касаткин МС, Левин ДА. Эффективность аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в комплексном лечении травм коленного сустава у юных футболистов. *Современные вопросы биомедицины*. 2024;8(2). Simonov RA, Samoylov AS, Rylova NV, Kasatkin MS, Levin DA. Efficacy of autologous platelet-rich plasma in comprehensive treatment of knee injuries in young football players. *Modern Issues of Biomedicine*. 2024;8(2) (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_02_28
4. Brenner JS, Watson A. Council on sports medicine and fitness. Overuse injuries, overtraining, and burnout in young athletes. *Pediatrics*. 2024;153(2):e2023065129. <https://doi.org/10.1542/peds.2023-065129>
5. Reed MD, Van Nostran W. Assessing pain intensity with the visual analog scale: a plea for uniformity. *Journal of Clinical Pharmacology*. 2014;54(3):241–4. <https://doi.org/10.1002/jcph.250>
6. Coffey R, Bordoni B. Lachman Test. In: *StatPearls*. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2026.
7. Jackson JL, O'Malley PG, Kroenke K. Evaluation of acute knee pain in primary care. *Annals of Internal Medicine*. 2003;139(7):575–88. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-139-7-200310070-00010>
8. Sheth J, Dwyer T, Smith I, Wasserstein D, Theodoropoulos J, Takhar S, et al. Does platelet-rich plasma lead to earlier return to sport when compared with conservative treatment in acute muscle injuries? A systematic review and meta-analysis. *Arthroscopy*. 2017;33(12):2148–59. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.06.039>
9. Alves R, Grimalt R. A review of Platelet-Rich Plasma: History, biology, mechanism of action, and classification. *Skin Appendage Disorders*. 2018;4(1):18–24. <https://doi.org/10.1159/000477353>
10. Collins T, Alexander D, Barkatali B. Platelet-rich plasma: a narrative review. *EFORT Open Reviews*. 2021;6(4):225–35. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200017>
11. Zhang JY, Fabricant PD, Ishmael CR, Wang JC, Petrigliano FA, Jones KJ. Utilization of Platelet-Rich Plasma for musculoskeletal injuries: An analysis of current treatment trends in the United States. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2016;4(12):2325967116676241. <https://doi.org/10.1177/2325967116676241>
12. Kia C, Baldino J, Bell R, Ramji A, Uyeki C, Mazzocca A. Platelet-Rich Plasma: Review of current literature on its use for tendon and ligament pathology. *Current Review in Musculoskeletal Medicine*. 2018;11(4):566–72. <https://doi.org/10.1007/s12178-018-9515-y>
13. Chen X, Jones IA, Park C, Vangsness CT. The efficacy of Platelet-Rich Plasma on tendon and ligament healing: A systematic review and meta-analysis with bias assessment. *The American Journal of Sports Medicine*. 2018;46(8):2020–32. <https://doi.org/10.1177/0363546517743746>
14. Popescu MB, Carp M, Tevanov I, Nahoi CA, Stratila MA, Haram OM, et al. Isolated meniscus tears in adolescent patients treated with Platelet-Rich Plasma intra-articular injections: 3-month clinical outcome. *BioMed Research International*. 2020;2020:8282460. <https://doi.org/10.1155/2020/8282460>
15. Herdea A, Struta A, Derihaci RP, Ulici A, Costache A, Furtunescu F, et al. Efficiency of platelet-rich plasma therapy for healing sports injuries in young athletes. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2022;23(3):215. <https://doi.org/10.3892/etm.2022.11139>
16. Rubina-Alves R, Grimalt R. Review of platelet-rich plasma: history, biology, mechanism of action, and classification. *Skin Appendage Disorders*. 2018;4:18–24. <https://doi.org/10.1159/000477353>
17. Everhart JS, Cole D, Sojka JH, Higgins JD, Magnussen RA, Schmitt LC, et al. Treatment options for patellar Tendinopathy: a systematic review. *Arthroscopy*. 2017;33:861–72. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2016.11.007>
18. Merkel DL. Youth sport: positive and negative impact on young athletes. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2013;4:151–60. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S33556>
19. Habelt S, Hasler CC, Steinbrück K, Majewski M. Sport injuries in adolescents. *Orthopedic Reviews*. 2011;3(2):e18. <https://doi.org/10.4081/or.2011.e18>
20. Reena M. Psychological changes during puberty — adolescent school girls. *Universal Journal of Psychology*. 2015;3(3):65–8. <https://doi.org/10.13189/ujp.2015.030301>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: И.В. Зябкин — концептуализация, разработка методологии исследования, утверждение окончательного варианта рукописи; Е.В. Завалева — визуализация данных, поиск литературы, редактирование рукописи, администрирование проекта; А.М. Ковалькова — создание черновика рукописи; В.А. Мухортых — администрирование данных; И.В. Панкратов — руководство и координация исследования.

Об авторах:

Зябкин Илья Владимирович, д-р мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-5872>

Завалева Елена Валентиновна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5305-9394>

Ковалькова Александра Маратовна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6070-0947>

Мухортых Валерий Алексеевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8549-9493>

Панкратов Иван Владимирович, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6665-6394>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-470>

УДК 612.766.1



МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ПАРАЛИМПИЙЦЕВ С ПОРАЖЕНИЕМ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ЗИМНИХ ВИДАХ СПОРТА

И.В. Пастухова^{1,2✉}, И.В. Круглова²¹ Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия

Введение. В рамках государственной программы «Развитие физической культуры и спорта» активно развиваются адаптивная физкультура и паралимпийский спорт. В этих условиях особую значимость приобретает разработка модельных характеристик функциональной подготовленности паралимпийцев с поражением опорно-двигательного аппарата (ПОДА) с целью повышения эффективности тренировочного процесса как на этапе спортивного совершенствования, так и при спортивном отборе.

Цель. Определение модельных характеристик функциональной производительности спортсменов-паралимпийцев зимних видов спорта с ПОДА для реализации спортивной подготовки в период олимпийского цикла до 2030 г.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ 1037 протоколов тестирования показателей физической работоспособности 176 спортсменов-паралимпийцев (2015–2025 гг.), выступавших в зимних видах спорта: лыжные гонки «сидя» (LW 5/7–12) и «стоя» (LW 2–5/7), следж-хоккей «сидя» (LW 5/7–12), горные лыжи в категории «стоя» (LW 2–5/7) и керлинг на колясках (LW 5/7–12). Функциональные показатели определяли по нагрузочному тесту согласно протоколу ступенчато-повышающего теста ВНИИФКА для здоровых спортсменов, модифицированного для спортсменов, выполняющих работу руками на ручном эргометре. Для спортсменов-лыжников (категория «стоя») применяли ступенчато-повышающий тест для выполнения предельной мышечной работы «до отказа» на беговом тредбане HP Cosmos (длительность ступени — 3 мин, мощность нагрузки для мужчин и женщин — 100, 150, 200, 250 и далее Вт, угол подъема полотна — 1С); в категории «сидя» — ступенчато-повышающий тест на ручном эргометре с длительностью ступени 3 мин, мощностью нагрузки для мужчин: 40, 60, 80, 100 и далее Вт, для женщин: 20, 40, 60, 80 и далее Вт. Для следж-хоккеистов использовали ступенчато-повышающий тест на ручном эргометре с длительностью ступени 3 мин, мощностью нагрузки для мужчин 40, 60, 80, 100 и далее Вт; для горнолыжников и парасноубордистов — ступенчато-повышающий тест для выполнения предельной мышечной работы «до отказа» на велоэргометре (Schiller, Швейцария) с длительностью ступени 3 мин, мощностью нагрузки для мужчин: 100, 135, 170 и далее Вт, женщин: 75, 100, 135 и далее Вт. Показатели газообмена измеряли на протяжении всего теста газоанализатором Oxycon Pro. Регистрацию ЭКГ проводили при помощи CARDIOVIT CS-200 на протяжении всего теста, а также в течение 10 мин после его окончания. Эффективность механизмов энергообеспечения мышечной деятельности изучали по показателям работоспособности. Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica v. 23.0 (StatSoftInc, США).

Результаты. Полученные модельные характеристики показателей работоспособности спортсменов с ПОДА можно применять на всех этапах многолетней подготовки спортсменов. Так, для начальных этапов спортивной подготовки низкие (до 3 центилей) и ниже среднего (3–10 центилей) значения модельных характеристик могут быть интерпретированы как средние и выше среднего, в то же время на этапах спортивного совершенствования средние центильные уровни и выше среднего могут рассматриваться как высокие. Это связано с постепенным усложнением задач, развитием функциональных возможностей и переходом к более высоким уровням мастерства.

Выводы. Выявленные модельные характеристики для основных показателей функциональной подготовленности при нагрузочном тестировании могут быть использованы в научно-методическом и медико-биологическом сопровождении спортсменов-паралимпийцев в зимних видах спорта. Полученные результаты дополняют базу данных научных исследований, направленных на совершенствование системы подготовки паралимпийцев с ПОДА в зимних видах спорта и повышение их спортивных достижений.

Ключевые слова: паралимпийский спорт; работоспособность; поражение опорно-двигательного аппарата, ПОДА; максимальное потребление кислорода, МПК; аэробная производительность; модельные характеристики; адаптивная физкультура; лыжные гонки; горные лыжи; следж-хоккей; анаэробный порог

Для цитирования: Пастухова И.В., Круглова И.В. Модельные характеристики функциональной подготовленности паралимпийцев с поражением опорно-двигательного аппарата в зимних видах спорта. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):407–416. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-470>

Финансирование. Исследование выполнено без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. Одобрение комитетом по этике не требовалось, поскольку были проанализированы обезличенные данные медицинских карт (архивные материалы) спортсменов. Всеми участниками подписано добровольное согласие на использование своих обезличенных медицинских данных в научных исследованиях.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Пастухова Инна Викторовна innalibrary@yandex.ru

Статья поступила: 03.03.2026 **После доработки:** 20.04.2026 **Принята к публикации:** 23.04.2026 **Online first:** 05.08.2026

MODEL CHARACTERISTICS OF FUNCTIONAL FITNESS OF PARALYMPIANS WITH MUSCULOSKELETAL IMPAIRMENTS IN WINTER SPORTS

Inna V. Pastuhova^{1,2✉}, Irina V. Kruglova²

¹ National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

² State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

Introduction. Within the framework of the State Programme “Development of Physical Culture and Sport”, adaptive physical education and Paralympic sport are actively developing. Under these conditions, developing model characteristics of functional fitness for Paralympic athletes with musculoskeletal impairments (MI) becomes particularly important. The aim is to improve the effectiveness of the training process both at the stage of athletic advancement and during athlete selection.

Objective. Determination of model characteristics of functional performance in Paralympic winter sport athletes with MI for the implementation of sports training during the Olympic cycle up to 2030.

Materials and methods. A retrospective analysis was conducted on 1037 testing protocols for physical performance parameters of 176 Paralympic athletes (2015–2025) competing in winter sports: cross-country skiing, “sitting” category (LW 5/7–12) and “standing” category (LW 2–5/7); sledge hockey, “sitting” category (LW 5/7–12); alpine skiing, “standing” category (LW 2–5/7); wheelchair curling (LW 5/7–12). Functional metrics were determined via an incremental exercise stress test protocol established by the Federal Science Center of Physical Culture and Sport for able-bodied athletes, which was modified for upper-body work using a hand ergometer. For standing cross-country skiers, an incremental test to volitional exhaustion was performed by means of an HP Cosmos treadmill: 3-minute stages with workloads starting at 100 W for both men and women and increasing progressively by 50 W per stage (treadmill incline: 1°). Conversely, sitting athletes underwent an incremental test using a hand ergometer: 3-minute stages with workloads increasing by 20 W starting at 40 W for men and at 20 W for women. The same hand ergometer protocol (3-minute stages; 40 W starting workload, 20 W increments) was applied to Para ice hockey players. For Para alpine skiers and snowboarders, an incremental test to volitional exhaustion was conducted using a Schiller bicycle ergometer (Switzerland): 3-minute stages, with workloads increasing progressively by 35 W starting at 100 W for men and at 75 W for women. Gas exchange variables were measured throughout the test using an Oxycon Pro breath-by-breath gas analyzer. Electrocardiography was monitored continuously using a CARDIOVIT CS-200 system during the exercise protocol, as well as during a 10-minute recovery period. The efficiency of energy supply mechanisms for muscle activity was evaluated based on these physical performance metrics. Statistical analysis was performed using Statistica software, version 23.0 (StatSoft Inc., USA).

Results. The developed reference profiles for physically impaired athletes can be applied at all stages of long-term athlete development. Specifically, during the foundational stages of training, low (below the 3rd percentile) and below-average (3rd–10th percentiles) values can be interpreted as average and above average for that developmental cohort. Conversely, at the advanced training stage, average and above-average percentile ranks can be classified as high performance indicators. This shift reflects the progressive training demands, the enhancement of functional capacity, and the transition to elite levels of athletic performance.

Conclusions. The identified model characteristics for key parameters of functional fitness during exercise testing can be used in the scientific-methodological and biomedical support of Paralympic athletes in winter sports. The obtained results complement the database of scientific research aimed at improving the training system for Paralympians with MI in winter sports and enhancing their athletic achievements.

Keywords: Paralympic sport; performance capacity; musculoskeletal impairment, MI; maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2\max}$; aerobic performance; model characteristics; adapted physical activity; cross-country skiing; alpine skiing; ice hockey; anaerobic threshold

For citation: Pastuhova I.V., Kruglova I.V. Model characteristics of functional fitness of Paralympians with musculoskeletal impairments in winter sports. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):407–416. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-470>

Funding. The study was conducted without sponsorship.

Compliance with the ethical principles. Ethical committee approval was not required, as anonymised medical record data (archival materials) of the athletes were analysed. All participants provided voluntary consent for the use of their anonymised medical data in scientific research.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Inna V. Pastuhova innalibrary@yandex.ru

Received: 3 Mar. 2026 **Revised:** 20 Apr. 2026 **Accepted:** 23 Apr. 2026 **Online first:** 5 Aug. 2026

ВВЕДЕНИЕ

В рамках реализации Государственной программы «Развитие физической культуры и спорта»¹ проводится беспрецедентная по своему масштабу работа по совершенствованию адаптивной физкультуры и паралимпийского спорта. Привлекаются к физкультуре и спорту все больше детей-инвалидов, ветеранов СВО, получивших ранение в ходе боевых действий. В результате этой деятельности начала формироваться система многолетней подготовки спортсменов, приближающаяся по своей форме и требованиям к олимпийской подготовке, которая предполагает формирование

и расширение механизмов долговременной адаптации к специфической мышечной деятельности высокой интенсивности.

Дальнейший рост результатов в паралимпийском спорте становится невозможным без современных исследований всех компонентов работоспособности, научно-методического (НМО) и медико-биологического (МБО) обеспечения [1].

Для обоснования критериев/маркеров отбора в рамках этапов многолетней подготовки особую актуальность приобретают модельные характеристики физической подготовленности: технические, тактические, психические параметры, показатели функциональной

¹ Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие физической культуры и спорта» и о признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации. <http://government.ru/docs/all/136852/>

подготовленности (аэробной и анаэробной производительности) с учетом внешних ограничений, не имеющих отношения к спорту [2].

Согласно введенному в действие в 2022 г. Приказу Министерства спорта РФ № 6² внедрены педагогические нормативы для всех паралимпийских видов спорта, разрабатываются отдельные методики диагностики специальных характеристик по конкретным видам спорта [3, 4]. Специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры разработаны методические рекомендации для определения подготовленности спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата (ПОДА) в летних паралимпийских видах спорта [5], разработано теоретическое обоснование формирования модельных характеристик уровня подготовленности для спортсменов-паралимпийцев с ПОДА [1].

Однако данных по применению физиологических показателей работоспособности (максимальное потребление кислорода (МПК), потребление кислорода на уровне анаэробного порога (ПК АНП), величина частоты сердечных сокращений (ЧСС), мощность выполняемой работы при достижении АНП и их максимальные значения, являющихся неотъемлемой частью модельных характеристик спортсмена и обуславливающих уровень его специфической функциональной подготовленности, недостаточно. Эти параметры являются интегральными показателями, позволяющими оценить аэробную и анаэробную производительность спортсмена, совершенствование основных адаптационных механизмов к нагрузкам высокой интенсивности, переносимость и направленность тренировочных нагрузок как в годичном цикле, так и на этапах многолетней подготовки. Физиологические показатели работоспособности также позволяют изучить резервные возможности спортсмена и обеспечить эффективность управления тренировочным процессом в рамках последующих мезоциклов физической подготовки.

Зарубежные исследования по оценке модельных характеристик у спортсменов с ПОДА, как правило, проведены на малочисленных группах с преимущественным акцентом на инвалидизирующую патологию и модельные физиологические параметры спортсменов, выступающих в категории «сидя». В то же время для спортсменов с ПОДА, выступающих в категории «стоя», показатели работоспособности зачастую сравнивают с показателями элитных здоровых спортсменов.

Физиологические параметры спортсменов, выступающих в категории «сидя» (LW 5/7–12), без патологии спинного мозга не исследовались, тогда как эти спортсмены представляют наиболее популярные и многочисленные командные виды спорта в нашей стране: следж-хоккей, баскетбол на колясках, волейбол «сидя» и др. В некоторых публикациях отмечается необходимость дальнейшей работы над методами диагностики физиологических показателей данной группы спортсменов-паралимпийцев [6–8].

В свою очередь, модельные характеристики предполагают комплекс знаний не только о специфических

особенностях телосложения, уровнях развития общих и специфических двигательных способностей, технико-тактической и психологической подготовленности, но и функциональной производительности спортсменов-паралимпийцев, обеспечивающих демонстрацию спортивных результатов мирового уровня; педагогические наблюдения будут неполными без физиологических показателей работоспособности, определяемых в рамках медико-биологического сопровождения.

Модельные характеристики спортсменов высокого класса могут быть использованы в качестве критериев отбора юных спортсменов и планирования тренировочного процесса на этапах начальной и углубленной специализированной подготовки, что особенно актуально в свете формирования системы классической многолетней подготовки спортсменов-паралимпийцев в нашей стране [9].

Основными направлениями комплексного контроля в практике научно-методического сопровождения процесса спортивной подготовки сборных команд Российской Федерации по паралимпийским видам спорта являются:

- оценка общей и специальной подготовленности, основанная на нормативных положениях федеральных стандартов спортивной подготовки и на специализированных упражнениях, максимально раскрывающих соревновательный потенциал спортсмена-паралимпийца;
- анализ выполнения тренировочного объема: исследуются спортивные дневники спортсменов с последующим сопоставлением с тренировочными программами, проводятся интервью и анкетирование тренерского состава;
- анализ технической подготовленности посредством цифровой видеосъемки;
- оценка физической работоспособности и состояния сердечно-сосудистой системы, результаты которой позволяют сформировать заключение об адаптационных возможностях паралимпийца и выявить его резервы;
- психофизиологические исследования [9].

Учет применения направлений комплексного контроля в системе спортивной подготовки позволяет уточнить особенности модельных характеристик в паралимпийском спорте³. Таким образом, определение модельных характеристик физической работоспособности спортсменов с ПОДА в зимних видах спорта является актуальным направлением исследований.

Цель исследования — определение модельных характеристик функциональной подготовленности спортсменов-паралимпийцев зимних видов спорта с ПОДА и разработка практических рекомендаций спортивной подготовки на текущий и следующий олимпийский цикл подготовки до 2030 г.

Задачи исследования:

1. Определить исследуемые группы спортсменов по видам спорта.

2. Распределить группы спортсменов по типу функциональных нарушений согласно применяемой

² Приказ Минспорта России от 11.01.2022 № 6 (ред. от 15.07.2025) «Об утверждении Единой всероссийской спортивной классификации (виды спорта, не включенные в программы Игр Олимпиады, Олимпийских зимних игр, а также не являющиеся военно-прикладными или служебно-прикладными видами спорта)» (прилож. 62).

³ Бондаревский Е.Я. Методология построения должных норм физической подготовленности: методические рекомендации. М.: ВНИИФК; 1983.

спортивно-медицинской классификации в выбранных видах спорта.

3. Провести статистический анализ полученных данных с использованием программы SPSS Statistica 23 с целью определения нормальности их распределения и, в зависимости от результатов, провести методом сигмальных или процентильных отклонений от выборочной средней величины / медианы оценку показателей различных компонентов функционального состояния спортсменов по следующим уровням: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в условиях отделения спортивной медицины Федерального научно-клинического центра спортивной медицины ФМБА России. Проведен ретроспективный анализ (за период 2015–2025 гг.) протоколов тестирования 176 ведущих спортсменов-паралимпийцев России, членов сборной команды страны по лыжным гонкам и следж-хоккею (151 мужчина и 25 женщин). Обработано 1037 исследований.

Зимние виды спорта, которые включают спортсменов с ПОДА, представлены лыжными гонками «сидя» (LW 5/7–12) и «стоя» (LW 2–5/7), следж-хоккеем в категории «сидя» (LW 5/7–12), горными лыжами в категории «стоя» (LW 2–5/7) и керлингом на колясках (LW 5/7–12)⁴.

Функциональные показатели определяли по нагрузочному тесту, за основу которого принят протокол ступенчато-повышающего теста ВНИИФК для здоровых спортсменов⁵, модифицированный для спортсменов, выполняющих работу руками на ручном эргометре, что позволило в течение длительного временного промежутка проводить мониторинг показателей общей работоспособности и аэробной производительности в однородных группах спортсменов, тренирующихся согласно единому календарному плану подготовки в одинаковых условиях.

Для спортсменов, выступающих в категории «стоя» (LW 2–5/7) в лыжных гонках, применяли ступенчато-повышающий тест для выполнения предельной мышечной работы «до отказа» на беговом тредбане HP Cosmos с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регулируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин и женщин — 100, 150, 200, 250 и далее Вт (скорость движения полотна 9,0, 10,2, 12,8, 14,4 и далее км/ч) соответственно каждой ступени, угол подъема полотна — 1С. Для спортсменов-лыжников, выступающих в категории «сидя» (LW 5/7–12), применялся ступенчато-повышающий тест на ручном эргометре с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регулируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин: 40, 60, 80, 100 и далее Вт, для женщин: 20, 40, 60, 80 и далее Вт.

Для следж-хоккеистов (LW 5/7–12) использовали ступенчато-повышающий тест на ручном эргометре

с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регистрируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин 40, 60, 80, 100 и далее Вт [10].

Для горнолыжников и парасноубордистов до 2020 г. применяли ступенчато-повышающий тест для выполнения предельной мышечной работы «до отказа» на велоэргометре (Schiller, Швейцария) с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регистрируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин: 100, 135, 170 и далее Вт, и женщин: 75, 100, 135 и далее Вт (табл. 1).

Показатели газообмена измеряли на протяжении всего теста газоанализатором Охусон Про (Erich Jaeger GmbH, Германия) и заканчивали после отказа спортсмена от выполнения работы. Регистрацию ЭКГ проводили при помощи диагностической рабочей станции CARDIOVIT CS-200 (Schiller, Швейцария) на протяжении всего теста, а также в течение 10 мин после его окончания с целью определения текущего состояния сердечно-сосудистой системы и функциональных изменений в сердечной мышце в условиях максимальной мышечной нагрузки и периода восстановления. Уровень АНП устанавливали по динамике легочной вентиляции и соотношению вентиляционных эквивалентов выделяемого CO₂ и потребляемого O₂ (RER = 1,0). В качестве показателей, характеризующих эффективность механизмов энергообеспечения мышечной деятельности, изучены:

$N_{\max}$ — предельная мощность, достигнутая в тесте, Вт;
МПК — максимальное потребление кислорода (показатель мощности максимальной аэробной производительности), мл/мин/кг;

$ЧСС_{\max}$ — частота сердечных сокращений при отказе от работы, уд/мин;

$N_{\text{АНП}}$ — мощность анаэробного порога, Вт;

$VO_{2\text{АНП}}$ — потребление кислорода на уровне анаэробного порога, мл/мин/кг;

$ЧСС_{\text{АНП}}$ — частота сердечных сокращений на уровне АНП, уд/мин;

%АНП от МПК — процентное соотношение потребления кислорода на уровне анаэробного порога от максимального потребления кислорода теста;

$V'E \max$, L/min — показатель экономичности выполнения движений⁶.

Все перечисленные параметры были выбраны для определения модельных характеристик.

Модельные характеристики показателей работоспособности определяли согласно классификационным группам (табл. 2).

В исследовании не рассчитывали модельные характеристики для женщин ввиду небольшого количества спортсменок в командах (табл. 2); выделение их в отдельную группу было бы статистически недостоверным, поэтому показатели их работоспособности объединены с показателями мужчин. При интерпретации нагрузочного теста в случае получения результатов «выше среднего» для женщин они рассматривались как «высокие».

⁴ Классификация спортсменов в паралимпийских видах спорта. Авт.-сост. Идрисова Г.З. М.: «Паралимпийский комитет России»; 2020.

⁵ Приказ Минспорттуризма России от 15.03.2011 № 197 «Об утверждении основных видов и требований к содержанию программ по научно-методическому обеспечению спортивных сборных команд Российской Федерации».

⁶ Пастухова ИВ. Индивидуальные пульсовые тренировочные зоны при подготовке спортсменов-паралимпийцев с поражением опорно-двигательного аппарата в зимних видах спорта: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.: 2016.

Таблица 1. Протоколы нагрузочного теста для спортсменов зимних видов спорта с ПОДА с учетом спортивной и олимпийской классификации

Медицинская классификация видов спорта \ Олимпийская классификация видов спорта	Циклические виды спорта (лыжные гонки)	Скоростно-силовые виды спорта и игровые виды спорта (горные лыжи, парасноуборд, следж-хоккей)
Поражение нижних конечностей, поражение спинного мозга на всех уровнях (LW 5/7–12)	Ручная эргометрия. Протокол: ступенчато-повышающий тест на ручном эргометре «до отказа» с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регистрируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин: 40, 60, 80, 100 и далее Вт, для женщин: 20, 40, 60, 80 и далее Вт	Ручная эргометрия. Протокол: ступенчато-повышающий тест на ручном эргометре «до отказа» с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регистрируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин: 40, 60, 80, 100 Вт и далее, для женщин: 20, 40, 60, 80 и далее Вт
Поражение верхних конечностей (LW 2–5/7)	Тредмил-тест. Протокол: ступенчато-повышающий тест для выполнения предельной мышечной работы «до отказа» на беговом тредбане HP Cosmos с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регистрируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин и женщин 100, 150, 200, 250 и далее Вт, (скорость движения полотна 9,0, 10,2, 12,8, 14,4 и далее км/ч) соответственно каждой ступени, угол подъема полотна — 1С	Велоэргометрия. Протокол: ступенчато-повышающий тест для выполнения предельной мышечной работы «до отказа» на велоэргометре (Schiller, Швейцария) с длительностью ступени 3 мин (для достижения стабилизации регистрируемых показателей), мощностью нагрузки для мужчин: 100, 135, 170 и далее Вт, для женщин: 75, 100, 135 и далее Вт

Таблица составлена авторами

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica v. 23.0 (StatSoftInc; США). Так как изучаемые количественные показатели имели ненормальное распределение (согласно критерию Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка), был применен метод центильных таблиц, основанный на непараметрическом статистическом анализе и не ограниченный характером распределения показателей [11, 12]. С целью интерпретации полученных результатов было принято следующее деление центильных рядов [13]:

- до 3 центилей — область очень низких величин; такие показатели встречаются у спортсменов исследуемых групп в 3% случаев. Эти значения могут быть расценены для спортсменов первого-второго года занятий как нормальные и являются точкой отсчета для дальнейшего спортивного роста;
- 3–10 центилей — область низких величин, встречающихся у спортсменов зимних видов спорта с ПОДА в 7% случаев. Могут быть интерпретированы как хорошие и высокие для второго-третьего года тренировок на предварительном базовом этапе подготовки и 2–3 годах тренировок;
- 10–25 центилей — область величин «ниже среднего», встречающихся у спортсменов в выбранных видах спорта в 15% случаев. Они могут быть квалифицированы как хорошие и высокие на 3–4 годах

тренировочных занятий при переходе на специальный базовый период подготовки;

- 25–75 центилей — область средних величин, встречающихся у спортсменов с ПОДА в зимних видах спорта в 50% случаев; расцениваются как хорошие и высокие на специальном базовом периоде и при переходе на этап подготовки к высшим достижениям (4–5 лет тренировок);
- 75–90 центилей — область величин «выше среднего», зафиксированных у спортсменов с ПОДА в выбранных видах спорта в 15% случаев; могут интерпретироваться как высокие на этапе спортивного совершенствования, длительность этапа — 2 года;
- 90–97 центилей — область высоких величин, отмеченных у спортсменов зимних видов спорта с ПОДА в 7% случаев; оцениваются как высокие на этапе спортивного совершенствования и при переходе на этап высших спортивных достижений;
- от 97 центилей — область очень высоких величин, встречающихся у выдающихся спортсменов в циклических видах спорта не более чем в 3% случаев, соответствуют этапу высших спортивных достижений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения работы на основании полученных данных нами разработаны модельные характеристики

Таблица 2. Характеристика исследуемых групп

Виды спорта, функциональные классы ⁷	Возраст спортсменов, <i>M ± m</i>	Количество спортсменов, <i>n</i> (%)		Количество исследований	Квалификация
		Мужчины	Женщины		
Лыжные гонки «сидя» (LW 5/7–12)	31,20 ± 8,08	35		194	ЗМС — 12 (34,2%)
		25 (71,4%)	10 (28,5%)		МСМК — 9 (25,7%)
					МС — 10 (28,5%)
					КМС — 3 (8,6%)
					1-й взрослый разряд — 1 (2,9%)
Лыжные гонки «стоя» (LW 2–5/7), в т.ч. с нарушением зрения (B1, B2)	24,30 ± 7,09	31		177	ЗМС — 10 (32,3%)
		21 (67,7%)	10 (32,3%)		МСМК — 4 (12,9%)
					МС — 2 (6,4%)
					КМС — 15 (43,2%)
Горные лыжи и парасноуборд* (SB — LL1, SB — LL2, SB — UL)	25,00 ± 7,10	29		166	ЗМС — 6 (20,6%)
		24 (82,2%)	5 (17,2%)		МСМК — 6 (20,6%)
					МС — 3 (10,3%)
					КМС — 11 (37,9%)
					1-й взрослый разряд — 3 (10,3%)
Следж-хоккей (LW 5/7–12)	30,20 ± 6,10	81		500	ЗМС — 9 (11,1%)
		81 (100%)	нет		МСМК — 19 (23,5%)
					МС — 18 (22,2%)
					КМС — 35 (43,2%)

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. ЗМС — заслуженный мастер спорта; МСМК — мастер спорта международного класса; МС — мастер спорта; КМС — кандидат в мастера спорта; * — в исследуемую группу включали спортсменов с ПОДА и поражением зрения: до 2018 г. функциональные классы спортсменов в этом виде спорта обозначались (LW 2–5/7, B2, B3), спортсмены с этими поражениями тренировались в одной группе по одному и тому же плану ЕКП. Требования к функциональным возможностям, согласно классификации, схожи, поэтому нами они рассматривались в единой группе.

(референсные значения) показателей для будущих и настоящих спортсменов.

Для спортсменов лыжных гонок, выступающих «сидя» (LW 5/7–12), выполнявших тест руками, компоненты функционального состояния в нагрузочной ступенчато-возрастающей пробе были распределены по уровням, представленным в таблице 3.

При оценке показателей ЧСС при выполнении нагрузки (ЧСС МПК), особенно в циклических видах спорта, необходимо помнить о снижении показателей ЧСС при росте подготовленности, однако доказательством выполнения теста на предельную мощность является максимальное значение ЧСС, которое должно составлять 180 уд/мин и выше. Этот маркер достоверен только при оценке спортсменов высших достижений и спортивного совершенствования старше 18 лет; показатели экономичности выполнения движений оцениваются в обратной

пропорции: чем выше показатель, тем ниже экономичность.

У лыжных гонщиков, выступающих в категории «стоя» (LW 2–5/7), выполнявших нагрузочный тест на тредмиле, выявлены величины показателей, близкие к значениям здоровых спортсменов (табл. 4).

По результатам нагрузочного тестирования горнолыжников и парасноубордистов с ПОДА модельные характеристики компонентов функционального состояния распределились следующим образом (табл. 5).

Модельные характеристики самой многочисленной группы спортсменов, следж-хоккеистов представлены в таблице 6.

Модельные характеристики показателей работоспособности отражают закономерности процесса подготовки спортсменов, дают возможность прогнозирования спортивных результатов и построения тренировочного процесса, а также обеспечивают основу

⁷ Классификация спортсменов в паралимпийских видах спорта. Авт.-сост. Идрисова Г.З. М.: «Паралимпийский комитет России»; 2020.

Таблица 3. Модельные характеристики показателей работоспособности для лыжников-гонщиков, выступающих в категории «сидя» (LW 5/7–12)

Показатель	Центили						
	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Мощность АНП, Вт	<31	31–37	37–48	48–92	92–115	115–138	>138
% времени работы в АЭП	<7,5	7,5–12,3	12,3–27,2	27,2–71,6	71,6–87,3	87,3–95,3	>95,3
ПК АНП, мл O ₂ /мин/кг	<12,4	12,4–16,2	16,2–19,6	19,6–31,48	31,48–35,14	35,14–38,6	>38,6
ЧСС АНП, уд/мин	<90	90–102	102–123	123–156	156–170	170–179	>179
МПК, мл/мин/кг	<23,6	23,6–27,5	27,5–30,9	30,9–41,1	41,1–45,6	45,6–49,7	>49,7
Мощность МПК, Вт	<63	63–77	77–92	92–135	135–158	158–189	>189
ЧСС МПК, уд/мин	<148	148–155	155–163	163–183	183–189	189–198	>198
% АНП от МПК	<37,2	37,2–42,6	42,6–56,3	56,3–82,9	82,9–92,0	92,0–98,2	>98,2
V'E max, L/min	<42,3	42,3–49,3	49,3–57,1	57,1–91,8	91,8–108,5	108,5–144	>144

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. АНП — анаэробный порог; АЭП — аэробный порог; ПК — потребление кислорода; МПК — максимальное потребление кислорода; ЧСС — частота сердечных сокращений; V'E — показатель экономичности выполнения движений.

Таблица 4. Модельные характеристики показателей работоспособности для лыжников-гонщиков, выступающих в категории «стоя» (LW 2–5/7)

Показатель	Центили						
	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Скорость АНП, км/ч	<9,0	9,0–11,8	11,8–12,2	12,2–16,2	16,2–18,5	18,5–19,3	>19,3
% времени работы в АЭП	<20,0	20,0–44,2	44,2–62,2	62,2–87,9	87,9–93,3	93,3–97,6	>97,6
ПК АНП, мл/мин/кг	<33,63	33,63–37,6	37,6–42,3	42,3–55,7	55,7–61,9	61,9–66,9	>66,9
ЧСС АНП, уд/мин	<135	135–155	155–166	166–185	185–191	191–197	>197
МПК, мл/мин/кг	<41,1	41,1–43,8	43,8–47,7	47,7–62,9	62,9–68,1	68,1–71,5	>71,5
Скорость МПК, км/ч	<11,0	11,0–12,4	12,4–14,6	14,6–17,4	17,4–19,2	19,2–21,8	>21,8
ЧСС МПК, уд/мин	<163	163–169	169–180	180–194	194–199	199–202	>202
% АНП от МПК	<69,2	69,2–75,8	75,8–82,6	82,6–94,9	94,9–97,8	97,8–98,9	>98,9
V'E max, L/min	<74,7	74,7–83,7	83,7–103,4	103,4–137	137–151,6	151,6–168	>168

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. АНП — анаэробный порог; АЭП — аэробный порог; ПК — потребление кислорода; МПК — максимальное потребление кислорода; ЧСС — частота сердечных сокращений; V'E — показатель экономичности выполнения движений.

для разработки и внедрения в практику новых технологий подготовки спортсменов. Полученные нами в ходе исследования модельные характеристики показателей работоспособности спортсменов с ПОДА можно использовать на всех этапах их многолетней подготовки. Так, для начальных этапов спортивной подготовки низкие (до 3 центилей) и ниже среднего (3–10 центилей) значения модельных характеристик могут быть интерпретированы как средние и выше среднего, в то же

время на этапах спортивного совершенствования средние центильные уровни и выше среднего могут рассматриваться как высокие. Это связано с постепенным усложнением задач, развитием функциональных возможностей и переходом к более высоким уровням мастерства. Применение полученных показателей позволит осуществлять эффективное управление спортивной подготовкой спортсменов с различной спецификой тренировочного процесса в конкретном виде спорта.

Таблица 5. Модельные характеристики показателей работоспособности горнолыжников с ПОДА, выступающих в категории «стоя» и с нарушением зрения (B1, B2)

Показатель	Центили						
	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Мощность АНП, Вт	<14	14–51	51–110	110–184	184–212	212–234	>234
% времени работы в АЭП	<17	17–22,9	22,9–32,9	32,9–69,8	69,8–82,2	82,2–91,3	>91,3
ПК АНП, мл/мин/кг	<18,6	18,6–22,2	22,2–25,3	25,3–35,3	35,3–40,1	40,1–43,0	>43,0
ЧСС АНП, уд/мин	<122	122–131	131–144	144–164	164–173	173–179	>179
МПК, мл/мин/кг	<28,2	28,2–31,7	31,7–36,4	36,4–44,6	44,6–47,4	47,4–52,3	>52,3
Мощность МПК, Вт	<123	123–150	150–173	173–247	247–272	272–298	>298
ЧСС МПК, уд/мин	<153	153–166	166–172	172–187	187–190	190–194	>194
% АНП от МПК	<47,2	47,2–56,8	56,8–65,8	65,8–84,6	84,6–94,3	94,3–95,6	>95,6
V'E max, L/min		Для скоростно-силовых видов спорта в группе спортсменов с ПОДА и поражением зрения данный показатель не оценивался в связи с его низкой информативностью					

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. АНП — анаэробный порог; АЭП — аэробный порог; ПК — потребление кислорода; МПК — максимальное потребление кислорода; ЧСС — частота сердечных сокращений; V'E — показатель экономичности выполнения движений.

Таблица 6. Модельные характеристики показателей работоспособности следж-хоккеистов, выступающих в категории «сидя» (LW 5/7–12)

Показатель	Центили						
	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий
Мощность АНП, Вт	<20	20–37	37–57	57–103	103–121	121–139	>139
% времени работы в АЭП	<4,3	4,3–12,5	12,5–25,3	25,3–75,3	75,3–91,5	91,5–97,5	>97,5
ПК АНП, мл/мин/кг	<10,7	10,7–14,5	14,5–18,3	18,3–29,5	29,5–34,1	34,1–40,2	>40,2
ЧСС АНП, уд/мин	<92	92–106	106–120	120–156	156–169	169–181	>181
МПК, мл/мин/кг	<22,8	22,8–26,0	26,0–29,8	29,8–38,9	38,9–41,3	41,3–44,8	>44,8
Мощность МПК, Вт	<71	71–89	89–108	108–141	141–153	153–163	>163
ЧСС МПК, уд/мин	<141	141–152	152–160	160–179	179–186	186–195	>195
% АНП от МПК	<38,6	38,6–45,5	45,5–57,1	57,1–87,2	87,2–96,5	96,5–98,0	>98,0
V'E max, L/min	<56,0	56,0–63,1	63,1–75,0	75,0–102,5	102,5–115,0	115–129,6	>129,6

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. АНП — анаэробный порог; АЭП — аэробный порог; ПК — потребление кислорода; МПК — максимальное потребление кислорода; ЧСС — частота сердечных сокращений; V'E — показатель экономичности выполнения движений.

Историческая преюблюдность, признанная авторами как обоснованная, предполагает, что при рассмотрении вопросов функциональных возможностей спортсменов с ПОДА необходимо максимально дистанцироваться от нозологических единиц, поскольку они, в случае отсутствия осложнений, не являются причиной для недопуска спортсмена к соревнованиям и тренировкам. Первостепенным в классификации спортсменов является максимальное уравнивание их

функциональных возможностей при выполнении локомоций в выбранном виде спорта.

Тем не менее в керлинге на колясках и частично в лыжных гонках «сидя» при оценке функциональных возможностей спортсменов полностью отказаться от учета нозологических поражений невозможно, так как некоторые из них напрямую оказывают влияние на показатели работоспособности ввиду того, что большинство спортсменов перенесли в прошлом

травму спинного мозга. В зависимости от уровня поражения спинного мозга результатом травмы оказывается нижняя параплегия или тетраплегия. К другим причинам инвалидности в этой группе спортсменов относятся полиомиелит и постполиомиелитный синдром, пороки развития, ампутации ног, а также нервно-мышечные заболевания и болезни опорно-двигательного аппарата [14, 15].

В соответствии с олимпийской классификацией керлинг на колясках относится к прикладным видам спорта, и согласно Приказу Минздрава РФ от 23.10.2020 № 1144н нагрузочное тестирование на ручном эргометре проводится по протоколу PWC170, целью которого для этой категории спортсменов является выявление реакции сердечно-сосудистой системы на субмаксимальную нагрузку, поскольку оценить показатели работоспособности зачастую не представляется возможным: ЧСС второй нагрузки крайне редко при такой патологии превышает 30 уд/мин, что делает расчет МПК по формуле Карпмана недостоверным [16]. К тому же показатели общей работоспособности в прикладных видах спорта имеют вторичное значение и не являются определяющими для достижения высоких спортивных результатов, в связи с чем эта группа спортсменов в нашей работе не рассматривается и в процессе отбора спортсменов на очередные ступени многолетней подготовки мы рекомендуем пользоваться педагогическими модельными характеристиками [5].

Наиболее сложная категория спортсменов-паралимпийцев — спортсмены с поражением спинного мозга. Они имеют существенные физиологические особенности развития физических возможностей по сравнению со здоровыми спортсменами. Кроме того, эти отличия разнородны и зависят от уровня повреждения спинного мозга. Так, отмечена разница максимального потребления кислорода (МПК) у здоровых спортсменов и спортсменов-инвалидов. МПК — это интегральный показатель, отражающий выносливость и общую физическую работоспособность спортсмена по уровню мощности аэробного механизма энергообеспечения мышечной деятельности спортивного характера; он складывается из доставки кислорода к тканям (в первую очередь к скелетным мышцам) и потребления ими кислорода. Помимо этого, у спортсменов с травмой спинного мозга сердечный выброс на 10–25%, а ударный объем — на 15–30% ниже, чем у здоровых спортсменов.

В случаях поражения шейного отдела позвоночника выше уровня отхождения симпатических стволов часто отмечаются тетраплегия и артериальная гипотония, низкая максимальная ЧСС и сниженный венозный возврат за счет венозного застоя крови, что еще больше уменьшает сердечный выброс и ударный объем, вследствие чего снижается кислородное обеспечение тканей. Поэтому общепринятые гемодинамические

показатели, такие как ЧСС и АД, при выполнении нагрузочного теста у спортсменов с ПОДА не могут применяться в качестве маркеров уровня физической работоспособности.

В сравнении со здоровыми спортсменами паралимпийцы с поражением спинного мозга имеют более низкую мышечную массу. Так, при тетраплегии, как правило, она ниже, чем при нижней параплегии. При атрофии мышц МПК тоже снижается; у спортсменов с параплегией величина МПК в среднем такая же, как и у людей, ведущих малоподвижный образ жизни, а у спортсменов с тетраплегией — еще ниже.

Приведенные данные обуславливают низкую толерантность мышц верхних конечностей к физическим нагрузкам как следствие неадекватности кровоснабжения, гипокинетической циркуляции и ограниченного аэробного энергетического ресурса. При нагрузке значительно быстрее достигается переход к анаэробному метаболизму.

Инвалиды, перенесшие спинномозговую травму, во время занятий физической культурой испытывают влияние ряда специфических факторов, которые обусловлены поражением центральной нервной системы и проявляются двигательной, сенсорной и вегетативной дисфункцией. Такими специфическими факторами риска являются: нестабильное положение туловища, гипотензивная реакция на физическую нагрузку, ортостатическая гипотензия, вегетативная дисрефлексия, мышечные спазмы, нарушение терморегуляции [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования могут быть использованы врачами по спортивной медицине при оценке подготовленности обследуемых спортсменов при условии проведения нагрузочного тестирования по указанным в статье протоколам. Теоретическая значимость работы заключается в расширении представлений о физиологических диапазонах работоспособности спортсменов разного уровня подготовленности. Полученные данные могут широко применяться как в МБО, так и НМО спорта высших достижений. Кроме того, они могут быть использованы для отбора спортсменов (особенно взрослых) для занятий зимними видами спорта с целью определения этапов их многолетней подготовки, что наиболее актуально для участников СВО, не утративших спортивные физические кондиции в результате ранения и восстановления после него. Не менее актуальными полученные результаты могут стать для детей-инвалидов, начинающих тренироваться в зимних видах спорта в секциях адаптивного спорта и адаптивной физкультуры. Показатели, полученные при ручной эргометрии, имеют существенное практическое значение для отбора и подготовки в спорте высших достижений.

Литература / References

1. Баряев АА, Абалян АГ, Фомиченко ТГ. Формирование модельных характеристик уровня подготовленности для спортсменов-паралимпийцев. *Теория и практика физической культуры*. 2022;3:20–2.
Baryaev AA, Abalyan AG, Fomichenko TG. Progress benchmarking and test system to manage competitive fitness in para sports. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2022;3:22–4 (In Russ.).
2. Винокуров ЛВ, Лебедева АЛ, Баряев АА. Модельные параметры технико-тактической подготовленности элитных пловцов-паралимпийцев. *Адаптивная физическая культура*. 2022;91(3):10–2.
Vinokurov LV, Lebedeva AL, Baryaev AA. Model parameters of technical and tactical training of elite paralympic swimmers. *Adaptive Physical Education*. 2022;91(3):10–2 (In Russ.). EDN: [SCDXMK](#)

3. Иванов АВ, Воробьев СА, Баряев АА. Оценка специальной физической и технической подготовленности хоккеистов-следж. *Адаптивная физическая культура*. 2023;95(3):11–2.
Ivanov AV, Vorobev SA, Baryaev AA. Assessment of special physical and technical conditions of para ice hockey players. *Adaptive Physical Education*. 2023;95(3):11–2 (In Russ.). EDN: [HHMFDW](#)
4. Воробьев СА, Баряев АА. Методика определения модельных характеристик уровня подготовленности в паралимпийских видах спорта. *Адаптивная физическая культура*. 2023;95(3):13–4 (In Russ.).
Vorobev SA, Baryaev AA. Methodology for determining the model characteristics of the level of readiness at paralympic sports. *Adaptive Physical Education*. 2023;95(3):13–4 (In Russ.). EDN: [UHQQNV](#)
5. Воробьев СА, Баряев АА, Мосунов ДФ, Винокуров ЛВ, Голуб ЯВ, Иванов АВ и др. Модельные характеристики уровня подготовленности в паралимпийских видах спорта. СПб.: «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры»; 2022.
Vorobev SA, Baryaev AA, Mosunov DF, Vinokurov LV, Golub YaV, Ivanov AV, et al. *Model characteristics of the level of fitness in Paralympic sports*. Saint-Petersburg: "Saint-Petersburg scientific-research institute for physical culture"; 2022 (In Russ.). EDN: [AAKUJV](#)
6. Alannah KA McKay, Stellingwerff T, Smith ES, Martin DT, Mujika I, Goosey-Tolfrey VL, et al. Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2022;17(2):317–31.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0451>
7. Maund E, Seiler S, Mildenhall MJ, Kilding AE, Plews Daniel J. The Importance of Durability' in the Physiological Profiling of Endurance Athletes. *Sports Medicine*. 2021;51:1619–28.
<https://doi.org/10.1007/s40279-021-01459-0>
8. Bernardi M, Carucci S, Faiola F, Egidi F, Marini C, Castellano V, et al. Physical fitness evaluation of paralympic winter sports sitting athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2012;22(1):26–30.
<https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31824237b5>
9. Кузнецов АА, Новиков ВВ, Шустин БН. К проблеме модельных характеристик квалифицированных спортсменов. *Теория и практика физической культуры*. 1975;1:59–62.
Kuznetsov AA, Novikov VV, Shustin BN. Problem of model characteristics of qualified athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*. 1975;1:59–62 (In Russ.). EDN: [XPSYQP](#)
10. Пастухова ИВ, Калинина НГ. Теоретическое обоснование назначения в индивидуальный план реабилитации физической культуры и спорта для ускорения процессов реадaptации инвалидов с поражением опорно-двигательного аппарата *Спортивная медицина: наука и практика*. 2014;2:47–55.
Pastukhova IV, Kalinina NG. Theoretical justification of the effectiveness of physical exercise and sports in accelerating the process of rehabilitation in patients with disabilities of the musculoskeletal system. *Sports Medicine: Research and Practice*. 2014;2:47–55 (In Russ.). EDN: [TCCECP](#)
11. Скородумова АП, Усатова ЕВ, Баранов ИС, Кузнецова ОВ, Семенова СД. Проблема модельных характеристик теннисистов 6–14 лет. *Вестник спортивной науки*. 2017;6:35–9.
Skorodumova AP, Trukhachev AA, Usatova EV, Baranov IS, Kuznetsova OV, Semyonova SD. Problem of model characteristics in 6-14 years old tennis players. *Sports Science Bulletin*. 2017;6:35–9 (In Russ.). EDN: [VLUHRY](#)
12. Барчукова ГВ, Лаптев АИ. Модельные характеристики физической подготовленности высококвалифицированных спортсменов в настольном теннисе. *Вестник спортивной науки*. 2015;2:57–62.
Barchukova GV, Laptev AI. Model characteristics for physical fitness of elite female athletes in table tennis. *Sports Science Bulletin*. 2015;2:57–62 (In Russ.). EDN: [UKEMDP](#)
13. Платонов ВН. Основы подготовки спортсменов в олимпийском спорте: настол. кн. тренера: в 2 т. М.: ПРИНТЛЕТО; 2021.
Platonov VN. *Fundamentals of Athlete Training in Olympic Sport: A Coach's Reference Book: in 2 Volumes*. Moscow: PRINTLETO; 2021 (In Russ.).
14. Пастухова ИВ, Сафонов ЛВ. Использование индивидуальных тренировочных пульсовых зон для предупреждения развития перетренированности у следж-хоккеистов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2015;4:96–102.
Pastukhova IV, Safonov LV. The use of individual training pulse zones to prevent overtraining in sled-hockey players. *Sports Medicine: Research and Practice*. 2015;4:96–102 (In Russ.). EDN: [VKNJNN](#)
15. Уйба ВВ, Мирошникова ЮВ, Самойлов АС. Медицинское и медико-биологическое обеспечение спорта высших достижений: итоги и перспективы развития Центра лечебной физкультуры и спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства. Тула: «Аквариус»; 2014
Uiba VV, Miroshnikova YuV, Samoilov AS. *Medical and Biomedical Support of High-Performance Sport: Results and Development Prospects of the Center for Therapeutic Physical Training and Sports Medicine of the Federal Medical-Biological Agency*. Tula: "Aquarius"; 2014 (In Russ.).
16. Карпман ВЛ, Белоцерковский ЗБ, Гудков ИА. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт; 1988.
Karpman VL, Belotserkovsky ZB, Gudkov IA. *Testing in sports medicine*. Moscow: Fizkul'tura i sport; 1988 (In Russ.).
17. Пастухова ИВ, Сафонов ЛВ, Машковский ЕВ. Сравнительный анализ показателей работоспособности лыжников-гонщиков с поражением опорно-двигательного аппарата в многолетнем периоде наблюдений. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2018;52(2):69–76.
Pastukhova IV, Safonov LV, Mashkovsky EV. Comparative performance analysis of cross country skiers with impairments of the musculoskeletal apparatus based on a long-term follow-up. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2018;52(2):69–76 (In Russ.).
<https://doi.org/10.21687/0233-528X-2018-52-2-69-76>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: И.В. Пастухова — проведение анализа показателей работоспособности паралимпийцев всех видов спорта в течение 10 лет, организация исследований, разработка и дальнейшее ведение базы данных, идея и план исследования; И.В. Круглова — формирование базы данных спортсменов, организация исследований в течение 10 лет, описание характеристики спортсменов, редактирование и подготовка итоговой версии статьи.

Об авторах:

Пастухова Инна Викторовна, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6209-6890>
Круглова Ирина Валентиновна, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3225-8730>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-523>

УДК 796.071:796.015:159.9.072.5



МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ СПОРТСМЕНОВ: ПОПЕРЕЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Е.П. Исаева^{1,3,4,✉}, П.Л. Окорочков^{1,2}, С.А. Столярова^{1,3}, М.Р. Исаев^{1,5}, И.В. Зябкин^{1,3}, Н.В. Рылова³¹ Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии им. академика И.И. Дедова, Москва, Россия³ Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия⁴ Российский университет медицины, Москва, Россия⁵ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

Введение. Профессиональный спорт связан с серьезными физическими и психологическими нагрузками, что может ухудшать здоровье спортсменов, повышать тревожность, негативно сказываться на сне и в итоге приводить к снижению качества их жизни. Особенно это может проявляться у детей и подростков в период активного роста и пубертатных изменений. Оценка качества жизни и других психоэмоциональных показателей у несовершеннолетних спортсменов является важным направлением диагностики, позволяющим комплексно проанализировать состояние здоровья юных атлетов и скорректировать эффективность проводимых лечебно-диагностических мероприятий.

Цель. Оценить качество жизни, уровень личностной, ситуативной тревожности и качество сна несовершеннолетних спортсменов сборных команд Российской Федерации.

Материалы и методы. Проведено одномоментное одноцентровое исследование, в котором участвовали 203 юных спортсмена (40 мальчиков (19,7%) и 163 девочки (80,3%) в возрасте 13–18 лет (средний возраст 15,0 [13,0; 17,0] года)), входящих в состав сборных команд Российской Федерации по 13 видам спорта (волейбол, вольная борьба, тайский бокс, синхронное плавание, софтбол, спортивная акробатика, спортивная гимнастика, танцы, тхэквондо, ушу, фигурное катание, хоккей на траве, художественная гимнастика). Оценка качества жизни у детей исследуемых групп была выполнена с использованием русской версии опросника Pediatrics Quality of Life Inventory (PedsQL™ 4.0), самооценка уровня тревожности — с помощью опросника Спилберга — Ханина. Определение качества сна и оценка тяжести бессонницы осуществлялись по опроснику инсомнии ISI (Insomnia Severity Index). Статистическая обработка данных проведена с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0.

Результаты. У спортсменов, занимающихся художественной гимнастикой ($p = 0,001$), фигурным катанием ($p = 0,008$) и софтболом ($p = 0,014$), отмечаются более низкие значения физического функционирования по сравнению с представителями других видов спорта. У фигуристок фиксируются более низкие значения эмоционального ($p = 0,005$) и ролевого функционирования ($p = 0,001$) по сравнению со спортсменами других видов спорта. У представительниц софтбола регистрируются более низкие значения эмоционального ($p = 0,005$) и ролевого функционирования ($p = 0,001$) по сравнению со спортсменками иных видов спорта. У спортсменов, занимающихся фигурным катанием, отмечается наиболее высокий уровень личностной и ситуативной тревожности ($p < 0,05$).

Выводы. Выявлены низкие показатели физического и эмоционального функционирования у спортсменов, занимающихся фигурным катанием, художественной гимнастикой и софтболом, по сравнению с представительницами других видов спорта, а также высокий уровень личностной и ситуативной тревожности у девушек-фигуристок, что позволяет выделить их в качестве группы риска при проведении скрининга нарушений качества жизни и уровня тревожности. Необходимо проведение дополнительных исследований для уточнения значений отрезных точек опросников в аспекте диагностики качества жизни и оценки личностной и ситуативной тревожности у несовершеннолетних спортсменов, что будет способствовать раннему выявлению данных нарушений, улучшению качества жизни и снижению уровня тревожности в рамках медико-биологического обеспечения спорта высших достижений.

Ключевые слова: юные спортсмены; несовершеннолетние спортсмены; качество жизни; личностная тревожность; ситуативная тревожность; сон; инсомния; опросник Pediatrics Quality of Life Inventory; PedsQL™ 4.0; опросник Спилберга — Ханина; опросник инсомнии; ISI; Insomnia Severity Index; спорт высших достижений

Для цитирования: Исаева Е.П., Окорочков П.Л., Столярова С.А., Исаев М.Р., Зябкин И.В., Рылова Н.В. Мониторинг качества жизни несовершеннолетних спортсменов: поперечное исследование. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):417–424. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-523>

Финансирование. Исследование выполнено в рамках прикладной научно-исследовательской работы «Развитие персонализированного подхода в ведении несовершеннолетних спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации» (шифр «Дети в спорте-25/27»).

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено этическим комитетом при ФГБУ «ФНКЦ детей и подростков ФМБА России» (протокол № 1 от 13.02.2025). Родители/опекуны или законные представители спортсменов, а также спортсмены старше 15 лет подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Использование инструментов ИИ. Авторы заявляют, что при подготовке рукописи не использовались инструменты искусственного интеллекта.

✉ Исаева Елена Петровна dora7474@mail.ru

Статья поступила: 18.05.2026 **После доработки:** 30.06.2026 **Принята к публикации:** 08.07.2026 **Online first:** 27.08.2026

MONITORING THE QUALITY OF LIFE OF ADOLESCENT ATHLETES: A CROSS-SECTIONAL STUDY

Elena P. Isaeva^{1,3,4✉}, Pavel L. Okorokov^{1,2}, Svetlana A. Stoliarova^{1,3}, Maxim R. Isaev^{1,5}, Ilya V. Zybkin^{1,3}, Natalya V. Rylova³

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

² Endocrinology Research Centre, Moscow, Russia

³ State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

⁴ Russian University of Medicine, Moscow, Russia

⁵ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Introduction. Professional sports are associated with significant physical and psychological loads, which can impair athletes' health, increase anxiety, negatively affect sleep, and ultimately lead to a decline in their quality of life. This may be particularly pronounced in children and adolescents during periods of active growth and pubertal changes. Assessments covering quality of life and other psychoemotional parameters in adolescent athletes are an important diagnostic direction, allowing comprehensive analysis of the health status of young athletes and adjustment of the effectiveness of therapeutic and diagnostic measures.

Objective. To assess the quality of life, levels of trait and state anxiety, and sleep quality in adolescent athletes of the national teams of the Russian Federation.

Materials and methods. A cross-sectional single-center study was conducted, involving 203 young athletes (40 males (19.7%) and 163 females (80.3%) aged 13–18 years (mean age 15.0 [13.0; 17.0] years), who were members of the national teams of the Russian Federation in 13 sports (volleyball, freestyle wrestling, Muay Thai, synchronized swimming, softball, sports acrobatics, artistic gymnastics, dance sports, taekwondo, wushu, figure skating, field hockey, rhythmic gymnastics). Assessment of quality of life in the children of the study groups was performed using the Russian version of the Pediatrics Quality of Life Inventory (PedsQL™ 4.0); self-assessment of anxiety levels was performed using the Spielberger–Hanin State-Trait Anxiety Inventory. Assessment of sleep quality and evaluation of insomnia severity were performed using the Insomnia Severity Index (ISI). Statistical data processing was performed using Statistica 10.0 software.

Results. In athletes practicing rhythmic gymnastics ($p = 0.001$), figure skating ($p = 0.008$), and softball ($p = 0.014$), lower values of physical functioning were observed compared to representatives of other sports. In figure skaters, lower values of emotional ($p = 0.005$) and role functioning ($p = 0.001$) were recorded compared to athletes in other sports. In softball players, lower values of emotional ($p = 0.005$) and role functioning ($p = 0.001$) were recorded compared to athletes in other sports. In figure skaters, the highest levels of trait and state anxiety were noted ($p < 0.05$).

Conclusions. Low scores of physical and emotional functioning were identified in athletes practicing figure skating, rhythmic gymnastics, and softball compared to representatives of other sports, as well as high levels of trait and state anxiety in female figure skaters, which allows them to be identified as a risk group during screening for quality of life impairments and anxiety levels. Further studies are needed to clarify the cutoff points of the questionnaires in the context of diagnosing quality of life and assessing trait and state anxiety in adolescent athletes, which will contribute to early detection of these impairments, improvement of quality-of-life, and reduction of anxiety levels within the framework of medical and biological support for high-performance sports.

Keywords: young athletes; adolescent athletes; quality of life; trait anxiety; state anxiety; sleep; insomnia; Pediatrics Quality of Life Inventory; PedsQL™ 4.0; Spielberger–Hanin State-Trait Anxiety Inventory; Insomnia Severity Index; ISI; high-performance sports

For citation: Isaeva E.P., Okorokov P.L., Stoliarova S.A., Isaev M.R., Zybkin I.V., Rylova N.V. Monitoring the quality of life of adolescent athletes: A cross-sectional study. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):417–424. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-523>

Funding. The study was carried out within the framework of applied research “Development of a personalized approach in the management of adolescent athletes of the sports national teams of the Russian Federation” (code “Children in Sports-25/27”).

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Compliance with the ethical principles. The study was approved by the Ethics Committee of the Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents (Minutes No. 1 dated 13.02.2025). Parents/guardians or legal representatives of the athletes, as well as athletes over 15 years of age, signed voluntary informed consent to participate in the study.

AI tools use. The authors declare no AI tools were used in the preparation of this article.

✉ Elena P. Isaeva dora7474@mail.ru

Received: 18 May 2026 **Revised:** 30 June 2026 **Accepted:** 8 July 2026 **Online first:** 27 Aug. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Под качеством жизни, связанным со здоровьем, понимают восприятие индивидуумом своего положения в жизни в контексте культуры и системы ценностей, в которых он живет, и в связи с его целями, ожиданиями, стандартами и интересами¹ [1]. Таким образом, это многофакторная категория, охватывающая физическое, психологическое и социальное благополучие. Исследования показывают, что у спортсменов, занимающихся профессиональным спортом, показатели качества жизни могут как существенно превышать,

так и при определенных обстоятельствах уступать популяционным нормам [2, 3]. Достижение высоких результатов в современном спорте требует интенсивных физических и психологических нагрузок, все чаще превышающих адаптационные возможности организма [4]. В исследованиях зарубежных коллег сравнение подростков-спортсменов и их сверстников, не занимающихся спортом, выявило преимущества спортсменов по шкалам физического функционирования, общего здоровья, социального функционирования и психического здоровья [5]. Это согласуется с представлением о том, что регулярная физическая активность

¹ Шевченко ЮЛ, Новик АА, Ионова ТИ. Руководство по исследованию качества жизни в медицине. М.: ЗАО «ОЛМА» Медиа Групп; 2007.

позитивно влияет на физический компонент качества жизни. Однако некоторые факторы, связанные с профессиональным характером спорта, могут оказывать и отрицательное влияние на качество жизни. Так, например, в систематическом обзоре [6] было показано, что спортивные травмы, часто сопровождающие профессиональную спортивную деятельность, отрицательно коррелируют с качеством жизни спортсменов, особенно с удовлетворенностью жизнью (100% исследований показали отрицательную связь), телесной болью (71,4%) и физическим компонентом здоровья (75%).

Изучение качества жизни детей, занимающихся спортом, является новым направлением междисциплинарных исследований в отечественном здравоохранении, поскольку позволяет оценить не только их физическое здоровье, но и психосоциальное благополучие с учетом специфики спортивных нагрузок и риска травм [7]. Особую значимость приобретает анализ качества жизни у подростков (12–18 лет), вовлеченных в профессиональный спорт. Возраст 12–18 лет — критический этап развития: в этот период происходят масштабные физиологические и психологические трансформации, активно формируются личные интересы и мировоззрение, идет интенсивная социальная адаптация, в том числе в школьной среде. Одновременно у подростков растет объем учебных и спортивных нагрузок, повышается уровень личной ответственности, что в совокупности с профессиональными тренировками создает особую нагрузку на организм и психику. Именно поэтому оценка качества жизни в этом возрастном диапазоне позволяет учитывать специфику переходного этапа и выявлять ключевые факторы, влияющие на благополучие юных профессиональных спортсменов.

Психологические особенности юных атлетов, снижение качества жизни, повышение тревожности и нарушение сна могут быть компонентами развития синдрома дефицита энергии. Данный синдром включает нарушение многих физиологических процессов, таких как метаболизм, синтез белка и ремоделирование костной ткани; при нем наблюдаются изменения со стороны репродуктивной, иммунной, эндокринной, сердечно-сосудистой систем, а также изменение состояния психологической сферы [8]. Ключевым патофизиологическим механизмом является низкая доступность энергии — состояние, при котором после вычитания энергии, затраченной на физические нагрузки, остается недостаточно калорий для обеспечения нормальных физиологических процессов [9]. Длительно существующий дефицит энергии у профессиональных спортсменов повышает уровень тревожности, раздражительности и лабильность настроения, что вызывает нарушение концентрации и снижение уровня спортивных достижений, поэтому создание психологически безопасной среды в элитном спорте — одно из актуальных направлений современной спортивной психологии [10]. Спортсмен, испытывающий неадекватную (высокую) тревожность, может чувствовать себя незащищенным, испытывать чувство одиночества, изолированности, безысходности в трудных ситуациях, ограниченности в выборе, затрудняется в оценке приоритетов значимых жизненных ситуаций. Неадекватная тревожность может способствовать

возникновению психосоматических болезней, неврозов. В то же время адекватная тревожность играет важную роль в жизни спортсмена: участвует в эмоционально-волевой регуляции, подготавливает к стрессовым нагрузкам, а в целом является существенным внутренним фактором, обуславливающим формирование зрелой спортивной личности.

Оценка качества жизни, уровня ситуативной и личностной тревожности у несовершеннолетних спортсменов является важным направлением диагностики, позволяющим дать комплексную оценку состоянию здоровья юных атлетов, а также определить эффективность проводимых лечебно-диагностических мероприятий. Однако исследования в детской популяции высококвалифицированных спортсменов немногочисленны и противоречивы, что и послужило поводом для проведения данного исследования.

Цель работы — оценить качество жизни, уровни личностной и ситуативной тревожности, а также качество сна несовершеннолетних спортсменов сборных команд Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено одномоментное одноцентровое исследование, в котором участвовали юные спортсмены сборных команд Российской Федерации, проходившие углубленное медицинское обследование в ФГБУ «ФНКЦ детей и подростков» ФМБА России. Всего в исследование было включено 203 юных спортсмена (40 мальчиков (19,7%) и 163 девочки (80,3%) в возрасте 13–18 лет (средний возраст 15,0 [13,0; 17,0] года), входящих в состав сборных команд Российской Федерации по 13 видам спорта (волейбол, вольная борьба, тайский бокс, синхронное плавание, софтбол, спортивная акробатика, спортивная гимнастика, танцы, тхэквондо, ушу, фигурное катание, хоккей на траве, художественная гимнастика), разделенным на группы: циклические, игровые, сложнокоординационные виды спорта и спортивные единоборства.

Оценку качества жизни осуществляли с помощью версии общего опросника Pediatrics Quality of Life Inventory (PedsQL™ 4.0 Generic Core Scale), адаптированной для проведения исследований в педиатрической популяции. Опросник состоит из 3 вариантов для заполнения детьми возрастных категорий 5–7, 8–12, 13–18 лет [11] и включает 23 вопроса, сгруппированных в четыре блока:

- шкала физического функционирования (ФФ) — 8 вопросов, позволяющих оценить болевой синдром, а также то, насколько ребенок способен передвигаться (бегать и ходить);
- шкала эмоционального функционирования (ЭФ) — 5 вопросов, позволяющих оценить настроение, качество сна, уровень беспокойства, а также выраженность страха и грусти;
- шкала социального функционирования (СФ) — 5 вопросов, позволяющих оценить взаимодействие опрашиваемого с другими детьми;
- шкала «ролевое функционирование — жизнь в школе» — 5 вопросов, позволяющих оценить, как ребенок справляется с ролевыми задачами в школьной среде.

Для получения результатов по каждой из шкал функционирования вычисляется среднее арифметическое по формуле: $X = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$, где X — итоговое значение по каждой из шкал, $X_1, X_2, \dots, X_n$ — баллы, полученные после проведенного шкалирования по каждому вопросу, n — количество вопросов для каждой шкалы функционирования. Для получения общих результатов психосоциального функционирования вычисляется суммарный балл средних значений, полученных по всем шкалам опросника (физическое, эмоциональное, социальное и ролевое функционирование).

Для оценки ответов применялась 5-балльная шкала Лайкерта (0 — никогда, 1 — почти никогда, 2 — иногда, 3 — часто, 4 — почти всегда). Если было пропущено более 50% ответов, то суммарный балл по данной шкале не рассчитывался. Общее число баллов после процедуры перекодирования (перевод необработанных данных в баллы качества жизни) рассчитывается по 100-балльной шкале; чем выше итоговая величина, тем выше качество жизни ребенка.

Оценка тревожности. Ситуативная тревожность выражается напряженностью, волнением, беспокойством, нервозностью и обусловлена ситуацией в данный момент времени. Личностная тревожность — это индивидуальное свойство восприятия событий как угрожающих с реагированием на них состоянием тревоги.

Тревожность оценивается по опроснику Спилберга — Ханина, предназначенному для подростков и состоящему из двух блоков: ситуативной тревожности и личностной тревожности [12]. Каждый блок содержит 20 коротких утверждений; испытуемый должен оценить свое состояние на момент опроса по четырехбалльной шкале. В качестве конечного результата теста определялись два значения: сумма баллов, набранных по 20 вопросам, относящимся к ситуативной тревожности; сумма баллов, набранных по 20 вопросам, относящимся к личностной тревожности. Оценка результатов проводилась отдельно для личностной и ситуативной тревожности. Если пациент набирал менее 30 баллов, считали, что тревожность низкая, от 30 до 45 баллов — умеренная, более 45 баллов — высокая.

Качество сна. Для определения качества сна и оценки тяжести бессонницы использовался опросник инсомнии ISI (Insomnia Severity Index) [13]. Опросник состоит из 7 вопросов. Для каждого вопроса следовало подобрать ответ, лучше всего характеризующий сон в последние 2 недели. Каждый ответ оценивался по шкале от 0 до 4. Баллы суммировались. При сумме баллов: 0–7 — клинически значимой бессонницы нет; 8–14 — подпороговая бессонница; 15–21 — бессонница; 22–28 — бессонница (тяжелая степень).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc.). Так как большинство изучаемых показателей не имело приближенно-нормального распределения, все данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха. Категориальные параметры описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия χ^2 -Пирсона. За критический уровень значимости различий принимали $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам анкетирования 80% ($n = 32$) атлетов мужского пола и 58,9% ($n = 96$) юных спортсменок оценивают свое здоровье как отличное, 17,5% ($n = 7$) юношей и 35,8% ($n = 58$) девушек считают, что уровень их здоровья можно оценить как хороший, об удовлетворительной оценке здоровья заявили 2,5% ($n = 1$) спортсменок и 4,9% ($n = 8$) спортсменок; 0,6% ($n = 1$) девушек-спортсменок охарактеризовали свое здоровье как неудовлетворительное.

При оценке качества жизни по группам спорта каких-либо статистически значимых различий не обнаружено (табл. 1). Установлено, что среди представителей разных видов спорта статистически более низкие значения параметра физического функционирования отмечаются у представительниц художественной гимнастики ($p = 0,001$), фигурного катания ($p = 0,008$) и софтбола ($p = 0,014$) (рис.). Это может быть связано с несколькими факторами: экстремальными нагрузками с раннего возраста без достаточного восстановления,

Таблица 1. Показатели качества жизни юных спортсменов различных групп спорта

Группы спорта	Физическое функционирование, балл	Эмоциональное функционирование, балл	Социальное функционирование, балл	Ролевое функционирование, балл	Суммарный балл
Циклические ($n = 35$)	82	70	92	83	327
Игровые ($n = 34$)	90	65	93	78	325
Сложнокоординационные ($n = 110$)	87	71	92	83	334
Единоборства ($n = 24$)	89	72	94	78	333
Среднее значение	87	69	93	80	329

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. n — количество спортсменов.

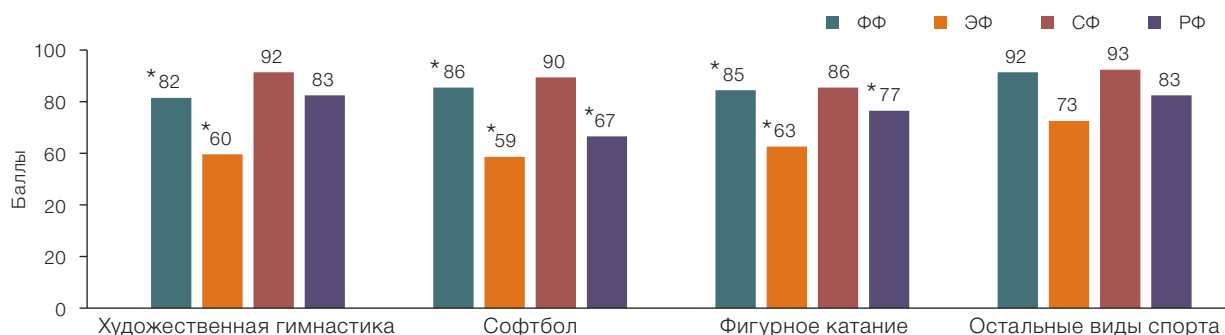


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. Оценка качества жизни несовершеннолетними спортсменами, занимающимися разными видами спорта. ФФ — физическое функционирование; ЭФ — эмоциональное функционирование; СФ — социальное функционирование; РФ — ролевое функционирование; * — $p < 0,05$ (статистически значимое отличие по сравнению с другими группами спорта)

очень высоким уровнем хронических травм опорно-двигательного аппарата (особенно позвоночника, голеностопов, коленей), распространенностью нарушений пищевого поведения и дефицита энергии, что ухудшает восстановление тканей и снижает минеральную плотность костей [14], ранней специализацией, которая кумулятивно увеличивает риск травм [15].

Результаты нашего исследования показали, что у представительниц фигурного катания ($p = 0,005$) и софтбола ($p = 0,001$) отмечаются статистически более низкие значения эмоционального и ролевого функционирования по сравнению со спортсменами, занимающимися иными видами спорта, что не противоречит исследованиям, в которых определено, что спортсменки видов спорта, предъявляющих повышенные требования к фигуре (фигурное катание, гимнастика), сообщали о более высоком уровне симптоматики нарушений пищевого поведения и худшем образе тела, что коррелирует с повышенным эмоциональным дистрессом [16, 17].

Софтбол как менее «женственный» вид спорта (особенно в сравнении с фигурным катанием, гимнастикой или танцами) может вызывать ролевой конфликт

у спортсменок. В некоторых публикациях показано, что в командных видах спорта, таких как софтбол, спортсменки часто подавляют свои эмоции «ради команды», что может приводить к эмоциональному истощению; они практикуют самоцензуру и контроль эмоций для поддержания командной динамики, что создает дополнительную эмоциональную нагрузку. Девушки-спортсменки в целом сталкиваются с особыми трудностями, включая более высокий уровень тревожности и депрессии, а также нарушения пищевого поведения [18].

В результате проведения тестирования по анкете самооценки уровня тревожности Спилберга — Ханина выявлено, что у фигуристок отмечается более высокий уровень личностной и ситуативной тревожности по сравнению с представительницами художественной гимнастики, софтбола и других видов спорта (табл. 2). Повышенная личностная тревожность прямо коррелирует с наличием невротического конфликта, с эмоциональными и нервными срывами [19]. Полученные нами результаты согласуются с данными других исследователей: для фигуристок и гимнасток характерен высокий уровень перфекционизма,

Таблица 2. Уровень тревожности юных спортсменов по видам спорта

Уровень тревожности		Группы спортсменов по видам спорта			
		Художественная гимнастика, % (n) ($n_{\text{общ}} = 44$)	Фигурное катание, % (n) ($n_{\text{общ}} = 30$)	Софтбол, % (n) ($n_{\text{общ}} = 20$)	Другие виды спорта, % (n) ($n_{\text{общ}} = 68$)
Ситуативная тревожность	Низкий	54,5 (24)	33,3 (10)	50,0 (10)	60,3 (41)
	Умеренный	38,6 (17)	56,7 (17)*	40,0 (8)	32,4 (22)
	Высокий	6,8 (3)	10,0 (3)*	10,0 (2)*	7,4 (5)
Личностная тревожность	Низкий	34,1 (15)	13,3 (4)	20,0 (4)	50,0 (34)
	Умеренный	52,3 (23)	53,3 (16)	60,0 (12)	41,2 (28)
	Высокий	13,6 (6)	33,3 (10)*	20,0 (4)	8,8 (6)

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. n — количество спортсменов, $n_{\text{общ}}$ — общее количество спортсменов в группе, * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Таблица 3. Уровень инсомнии юных спортсменов по видам спорта

Категории	Группы спортсменов по видам спорта			
	Художественная гимнастика, % (n) (n _{общ} = 44)	Фигурное катание, % (n) (n _{общ} = 30)	Софтбол, % (n) (n _{общ} = 20)	Остальные виды спорта, % (n) (n _{общ} = 68)
Норма	86,4 (38)	76,7 (23)	71,4 (15)	88,2 (60)
Подпороговая бессонница	13,6 (6)	23,3 (7)	19 (4)	8,8 (6)
Бессонница	—	—	4,8 (1)	2,9 (2)
Выраженное нарушение сна	—	—	—	—

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. $p = 0,234$; n — количество спортсменов; $n_{\text{общ}}$ — общее количество спортсменов в группе; «—» — не выявлено.

который тесно связан с тревожностью и риском нарушений пищевого поведения [20]. Девочки и девушки, занимающиеся этими видами спорта, отличаются отличной осанкой, развитой координацией и гибкостью, пластичным телом. С другой стороны, указанные виды спорта несут в себе потенциальные угрозы физическому и психическому самочувствию юных спортсменов, настроенных на достижение высоких спортивных результатов [18]. В классическом исследовании элитных фигуристок было выявлено пять источников стресса: негативные аспекты соревнований, негативные отношения со значимыми людьми (тренерами, родителями), требования и издержки спорта, личностные факторы (внутренние конфликты) и травматический опыт [21]. Подобные исследования проводились и позже [22] и подтвердили выводы авторов [21]. Было показано, что занятия эстетическими видами спорта в подростковом возрасте связаны с худшими показателями здоровья во взрослом возрасте, включая психологическое благополучие [22].

Сон является одним из важнейших, но часто недооцениваемых компонентов подготовки спортсменов. Научные исследования последних десятилетий убедительно демонстрируют, что качество и продолжительность сна оказывают прямое влияние на физическую работоспособность, когнитивные функции, восстановление после нагрузок, риск травм и общее психическое здоровье атлетов [23, 24]. При ограничении продолжительности сна до 4 ч в сутки у спортсменов наблюдается снижение максимальной мощности работы, учащение пульса при субмаксимальных нагрузках [25]. Спортсмены с меньшей продолжительностью ночного сна демонстрируют более высокий уровень тревожности и хуже справляются со стрессовыми

ситуациями [25, 26]. В нашей работе мы провели анализ качества сна юных спортсменов (табл. 3) и не выявили статистически значимых нарушений ($p = 0,234$). Наиболее высок уровень подпороговой бессонницы у представительниц фигурного катания (23%), что может быть ассоциировано с более высокой личностной и ситуативной тревожностью у девушек, занимающихся данным видом спорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При оценке качества жизни спортсменки, занимающиеся фигурным катанием, художественной гимнастикой и софтболом, набрали наименьшее количество баллов по физическому функционированию в сравнении с представительницами других видов спорта. Также у девушек, занимающихся софтболом и фигурным катанием, чаще снижены показатели эмоционального и ролевого функционирования, что позволяет выделить их в группу риска при скрининге нарушений качества жизни спортсменов. При определении тревожности к наиболее уязвимой категории также предложено отнести фигуристок, поскольку именно у них обнаружен повышенный уровень личностной и ситуативной тревожности.

Необходимо проведение дальнейших исследований для уточнения значений отрезных точек опросников в аспекте диагностики качества жизни и оценки личностной и ситуативной тревожности у несовершеннолетних спортсменов, что будет способствовать раннему выявлению данных нарушений, улучшению качества жизни и снижению уровня тревожности в рамках медико-биологического обеспечения спорта высших достижений.

Литература / References

1.

Еремян ЗА, Щелкова ОЮ. История становления и развития концепции качества жизни в медицине. *Психология. Психофизиология*. 2022;15(1):37–49.
Eremyan ZA, Shchelkova OYu. The concept of quality of life in medicine. *Psychology. Psychophysiology*. 2022;15(1):37–49 (In Russ.).
EDN: [VJ PQSX](#)

2.

Nombora O, Lopes L, Santa Marinha L. An overview of the mental health problems among elite athletes — is it a dream or a nightmare? *European Psychiatry*. 2022;65:354–5.
<https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2022.901>

3.

Runacres A, Mackintosh KA, McNarry MA. Health consequences of an elite sporting career: long-term detriment or long-term gain? A meta-analysis of 165,000 former athletes.

- Sports Medicine*. 2020;51(2):289–301.
<https://doi.org/10.1007/s40279-020-01379-5>
4. Каменский ДА, Трофимова ДВ, Лосев ЮН, Курицына АЕ. Расстройства пищевого поведения у спортсменов. В кн.: *Актуальные проблемы профессионально-прикладной физической культуры и спорта*. СПб.: Политех-Пресс; 2020.
Kamenskij DA, Trofimova DV, Losev JuN, Kuricyna AE. Eating disorders in athletes. In: *Actual problems of professionally applied physical culture and sports*. St. Petersburg: Polytech-Press; 2020 (In Russ.).
EDN: [NIEBHJ](#)
 5. Snyder AR, Martinez JC, Bay RC, Parsons JT, Sauers EL, McLeod TCV. Health-related quality of life differs between adolescent athletes and adolescent nonathletes. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2010;19(3):237–48.
<https://doi.org/10.1123/jsr.19.3.237>
 6. Moreira NB, Vagetti GC, de Oliveira V, de Campos W. Association between injury and quality of life in athletes: A systematic review, 1980–2013. *Apunts. Medicina de l'Esport*. 2014;49(184):123–38.
<https://doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.003>
 7. Verma R, Render A, Ramirez M, Shenvi N, Easley KA, LaBella C, et al. Long-term health-related quality of life after sport-related injury in youth athletes: a longitudinal cohort study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2025;13(6):23259671251341467.
<https://doi.org/10.1177/23259671251341467>
 8. Самойлов АС, Жолинский АВ, Рылова НВ, Большаков ИВ. Относительный дефицит энергии в спорте: современные подходы к диагностике, лечению и профилактике. *Вопросы питания*. 2022;91(3(541)):32–41.
Samoilov AS, Zholinsky AV, Rylova NV, Bolshakov IV. Relative energy deficiency in sport: modern approaches to diagnostics, treatment and prevention. *Problems of Nutrition*. 2022;91(3(541)):32–41 (In Russ.).
EDN: [ITOFIC](#)
 9. Williams NI, Koltun KJ, Strock NC, De Souza MJ. Female athlete triad and relative energy deficiency in sport: A focus on scientific rigor. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2019;47(4):197–205.
<https://doi.org/10.1249/jes.0000000000000200>
 10. Rice S, Walton CC, Pilkington V, Gwyther K, Olive LS, Lloyd M, et al. Psychological safety in elite sport settings: a psychometric study of the sport psychological safety inventory. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2022;8(2):e001251.
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001251>
 11. Никитина ТП, Киштович АВ, Моисеенко ЕИ, Сабирова АВ. Исследование качества жизни в педиатрии: разработка русской версии опросника PedsQL™ 4.0 Generic Core Scales дня оценки качества жизни детей 8–12 лет. *Вестник Межнационального центра исследования качества жизни*. 2003;1–2:35–44.
Nikitina TP, Kishtovich AV, Moiseenko EI, Sabirova AV. Quality of Life research in pediatrics: development of the Russian version of the PedsQL 4.0 Generic Core Scales questionnaire for assessing the quality of life of children aged 8–12. *Bulletin of the International Center for Quality of Life Research*. 2003;1–2:35–44 (In Russ.).
EDN: [YMOACT](#)
 12. Зайцев ЮА, Хван АА. Стандартизация методик диагностики тревожности Спилберга — Ханина и Дж. Тейлора. *Психологическая диагностика*. 2011;3:19–34.
Zaitsev YuA, Khvan AA. Standardization of methods for diagnosing anxiety by Spielberger-Khanin and J. Taylor. *Psychological Diagnostics*. 2011;3:19–34 (In Russ.).
 13. Denis I, Turcotte S, Morin CM, Belleville G, Foldes-Busque G. A preliminary validation of the pediatric adaptation of the
Insomnia Severity Index. *L'Encephale*. 2023;49(5):474–80.
<https://doi.org/10.1016/j.encep.2022.05.008>
 14. Исаева ЕП, Окорочков ПЛ, Столярова СА, Зябкин ИВ, Исаев МР. Изучение гормонального статуса и метаболизма костной ткани у несовершеннолетних спортсменов с первичной аменореей. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2025;27(4):536–41.
Isaeva EP, Okorokov PL, Stolyarova SA, Zyabkin IV, Isaev MR. Study of hormonal status and bone metabolism in underage female athletes with primary amenorrhea. *Extreme Medicine*. 2025;27(4):536–41 (In Russ.).
<https://doi.org/10.47183/mes.2025-326>
 15. Sugimoto D, Lambrinakos-Raymond K, Kobelski GP, Geminiani ET, Straccioli A, Meehan WP. Sport specialization of female figure skaters: cumulative effects on low back injuries. *The Physician and Sportsmedicine*. 2021;49(4):463–8.
<https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1855483>
 16. Perry C, Champ FM, Macbeth J, Spandler H. Mental health and elite female athletes: A scoping review. *Psychology of Sport and Exercise*. 2021;56:101961.
<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.101961>
 17. Шелиспанская ЭВ. Риски нарушений пищевого поведения у девушек, занимающихся эстетическими видами спорта. В кн.: *Современные технологии в физическом воспитании и спорте: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Тула: ТПО; 2021.
Shelispanskaja EV. The risks of eating disorders in girls engaged in aesthetic sports. In: *Modern technologies in physical education and sports: proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Tula: Chamber of Commerce and Industry; 2021 (In Russ.).
 18. Herrero CP, Jejuriar N, Carter CW. The psychology of the female athlete: how mental health and wellness mediate sports performance, injury and recovery. *Annals of Joint*. 2021;6:39.
<https://doi.org/10.21037/aoj-20-53>
 19. Дремлюк АС, Озерина АА. Анализ уровня тревожности у медицинских работников в период пандемии новой коронавирусной инфекции-COVID-19. *Скиф. Вопросы студенческой науки*. 2021;5(57):55–9.
Dremlyuk AS, Ozerina AA. Analysis of the level of anxiety among medical workers during the pandemic of the new coronavirus infection-COVID-19. *Skif. Student Science Issues*. 2021;5(57):55–9 (In Russ.).
 20. Scanlan TK, Stein GL, Ravizza K. An in-depth study of former elite figure skaters: III. Sources of stress. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 1991;13(2):103–20.
<https://doi.org/10.1123/jsep.13.2.103>
 21. Jederström M, Agnafs S, Ekegren CL, Fagher K, Gauffin H, Korhonen L, et al. A cross-sectional study of anxiety and depression caseness in female competitive figure skaters in Sweden. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2023;9:1.
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2022-001491>
 22. Mayolas PC, Sitko S, Oviedo-Caro MA, Bueno-Antequera J, Reverter-Masià J, Francín-Gallego M, et al. Influence of organised sports practice during adolescence on health of adult women with special emphasis on participation in aesthetic sports. *European Journal of Sport Science*. 2021;21(1):107–17.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1736180>
 23. Doherty R, Madigan SH, Warrington G, Ellis JAG. Sleep and nutrition in athletes. *Current Sleep Medicine Reports*. 2023;9(1):82–9.
<https://doi.org/10.1007/s40675-022-00244-3>
 24. Lesku JA, Schmidt MH. Energetic costs and benefits of sleep. *Current Biology*. 2022;32(12):656–61.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.004>

25. Charest J, Grandner MA. Sleep and athletic performance: impacts on physical performance, mental performance, injury risk and recovery, and mental health: an update. *Sleep Medicine Clinics*. 2022;17(2):263–82. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35659079/>
26. Wilson SG, Baker J. Exploring the relationship between sleep and expertise in endurance sport athletes. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2021;19(5):866–81. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2020.1854817>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Е.П. Исаева — разработка концепции статьи, сбор материала, обработка и интерпретация результатов, подготовка рукописи; П.Л. О कोरोков — критическая интерпретация результатов, редактирование текста; С.А. Столярова — сбор материала; М.Р. Исаев — обработка результатов; И.В. Зябкин — утверждение протокола исследования и финального текста рукописи; Н.В. Рылова — критическая интерпретация рукописи.

Об авторах:

Исаева Елена Петровна, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0927-0288>
О कोरोков Павел Леонидович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-727X>
Столярова Светлана Анатольевна, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0199-3089>
Исаев Максим Ростиславович, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9177-1292>
Зябкин Илья Владимирович, д-р мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-5872>
Рылова Наталья Викторовна, д-р мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9248-6292>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-437>

УДК 616.831-001.34



НАИБОЛЕЕ ЧАСТЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ У СПОРТСМЕНОВ

В.С. Фещенко^{1,2}, Б.А. Поляев^{1,2}, С.О. Ключников¹, В.В. Завьялов¹, А.Н. Федоров¹, М.И. Поляков², А.В. Сливин^{1✉}¹ Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Введение. Черепно-мозговая травма (ЧМТ) — актуальная проблема в спорте высших достижений. Несмотря на то что большинство ЧМТ в спорте относятся к травмам легкой степени тяжести, частая периодичность их получения и, как следствие, кумулятивный эффект могут привести к негативному влиянию на здоровье спортсмена, которое может проявиться только спустя несколько лет после травмы, а иногда и после завершения спортивной карьеры.

Цель. Выявление наиболее частых клинических проявлений последствий черепно-мозговой травмы у действующих и завершивших спортивную карьеру спортсменов различных видов спорта.

Материалы и методы. Проведен анонимный опрос с помощью защищенной онлайн-платформы LimeSurvey с использованием собственного домена среди действующих и бывших 902 спортсменов сборных команд Российской Федерации по вопросам распространенности симптомов различных последствий перенесенной ЧМТ. Среди принявших участие 662 (73,4%) совершеннолетних и 240 (26,6%) несовершеннолетних спортсменов. Методология исследования основана на анкетировании и не включала объективные инструментальные обследования. Анкета, предлагаемая спортсменам, содержала вопросы, уточняющие анамнестические данные, а также наличие симптомов, которые могут выступать в качестве клинических проявлений последствий внутричерепных травм. Вся выборка спортсменов разделена по возрасту на момент опроса (совершеннолетние и несовершеннолетние). Дополнительно группа совершеннолетних спортсменов была разделена в зависимости от количества ЧМТ в анамнезе, наличия контактов/ударов во время тренировок (контактные и неконтактные виды спорта), а также возраста (18–30; 31–40; 41–50 лет; старше 51 года). Статистический анализ данных осуществлялся с помощью пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 23.0.

Результаты. Распространенность сотрясения головного мозга среди совершеннолетних спортсменов статистически значимо выше, чем у несовершеннолетних (15,3% против 2,5%, $p < 0,001$). Наиболее частыми у совершеннолетних спортсменов, имевших сотрясение головного мозга в анамнезе, были нарушения сна (36,6%) и зрения (23,8%), а также когнитивные (25,7%), поведенческие (22,8%) и аффективные (27,7%) нарушения. Вышеуказанные отклонения статистически значимо чаще встречались у спортсменов контактных видов спорта ($p < 0,05$). У спортсменов в возрасте 18–30 лет наиболее часто отмечали аффективные нарушения и изменения сна, а в более старшем возрасте — нарушения зрения.

Заключение. Наиболее частые клинические проявления последствий ЧМТ у спортсменов представляют собой комплекс аффективных, когнитивных и поведенческих нарушений, а также ухудшение сна и зрения. Большинство последствий внутричерепных травм имеют неспецифические проявления, в связи с чем важным подходом к оптимизации системы медико-биологического обеспечения спортсменов, получивших ЧМТ, является непрерывный мониторинг состояния их здоровья после травмы с разработкой скрининговых мероприятий с последующим формированием групп риска и ранним выявлением нарушений, что позволит предупредить/замедлить их прогрессирование.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма; сотрясение головного мозга; последствия черепно-мозговой травмы; спортсмены; синдром травматической энцефалопатии; когнитивные нарушения; изменения сна

Для цитирования: Фещенко В.С., Поляев Б.А., Ключников С.О., Завьялов В.В., Федоров А.Н., Поляков М.И., Сливин А.В. Наиболее частые клинические проявления последствий черепно-мозговой травмы у спортсменов. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):425–434. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-437>

Финансирование. Исследование выполнено в рамках прикладной научно-исследовательской работы по теме: «Разработка методических рекомендаций по диагностике, коррекции и профилактике последствий внутричерепных травм у спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации» (шифр — «ЧМТ-23»), государственный контракт ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России (№ 107.002.23.14).

Соответствие принципам этики. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России (протокол № 3 от 13.11.2023). Всеми спортсменами, родителями/опекунами или законными представителями юных спортсменов подписано добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Потенциальный конфликт интересов. Б.А. Поляев — член редакционной коллегии журнала «Экстремальная биомедицина», остальные авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов.

✉ Сливин Антон Вячеславович anton-slin@mail.ru

Статья поступила: 08.12.2025 **После доработки:** 12.02.2026 **Принята к публикации:** 27.02.2026 **Online first:** 12.05.2026

LONG-TERM EFFECTS OF TRAUMATIC BRAIN INJURY IN ATHLETES: THE MOST COMMON CLINICAL MANIFESTATIONS

Vladimir S. Feshchenko^{1,2}, Boris A. Polyaev^{1,2}, Sergey O. Klyuchnikov¹, Vladimir V. Zavalov¹, Aleksandr N. Fedorov¹, Mikhail I. Polyakov², Anton V. Slivin¹✉

¹ National Center of Sports Medicine of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Introduction. Traumatic brain injury (TBI) is a pressing issue in high-performance sports. Although most sports-related TBIs are classified as mild, their frequent occurrence and resulting cumulative effect can negatively impact an athlete's health. Furthermore, this impact may not become apparent until several years after the injury, and sometimes only after the athlete has retired from the sport.

Objective. To identify the most frequent clinical manifestations associated with the long-term effects of traumatic brain injury in active and retired athletes from various sports.

Materials and methods. In order to assess the prevalence of symptoms associated with various TBI consequences, a total of 902 active and former athletes from Russian national teams were surveyed anonymously using a secure online platform, LimeSurvey, with a proprietary domain. The participants included 662 (73.4%) adult and 240 (26.6%) minor athletes. The study methodology was based on a questionnaire and did not include objective instrumental examinations. The questionnaire presented to the athletes contained questions clarifying anamnestic data and the presence of symptoms that could serve as clinical manifestations of the long-term effects of intracranial injuries. The entire sample of athletes was divided into groups according to age at the time of the survey (adults and minors). The group of adult athletes was also subdivided based on the number of TBIs in their history, the presence of contact/impacts during training (contact and non-contact sports), and age (18–30 years; 31–40 years; 41–50 years; ≥ 51 years). Statistical data analysis was performed using IBM SPSS Statistics 23.0 software.

Results. The prevalence of concussion among the adult athletes was statistically significantly higher than among the minors (15.3% vs. 2.5%, $p < 0.001$). The most common issues reported by the adult athletes with a history of concussion were sleep (36.6%) and visual disturbances (23.8%), as well as cognitive (25.7%), behavioral (22.8%), and affective (27.7%) disturbances. The aforementioned abnormalities were statistically significantly more frequent in the athletes participating in contact sports ($p < 0.05$). The athletes aged 18–30 years most commonly noted affective disturbances and changes in sleep, while visual disturbances were more prevalent in older age groups.

Conclusions. The most common clinical manifestations of TBI consequences in athletes consist of a complex of affective, cognitive, and behavioral disturbances, as well as impaired sleep and vision. Most consequences of intracranial injuries present with non-specific symptoms. Therefore, a crucial approach to optimizing the biomedical support system for athletes with a history of TBI consists in continuous monitoring of their health status post-injury. This involves developing screening protocols, followed by the formation of risk groups and early identification of impairments, which will help prevent or slow their progression.

Keywords: traumatic brain injury; concussion; consequence of traumatic brain injury; athletes; traumatic encephalopathy syndrome; cognitive impairments; sleep changes

For citation: Feshchenko V.S., Polyaev B.A., Klyuchnikov S.O., Zavalov V.V., Fedorov A.N., Polyakov M.I., Slivin A.V. Long-term effects of traumatic brain injury in athletes: The most common clinical manifestations. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):425–434. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-437>

Funding. The study was carried out within the applied research work “Development of guidelines for the diagnosis, correction, and prevention of consequences following intracranial injuries in athletes from Russian national sports teams” (Code: TBI-23), under state contract of the Federal Scientific and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia (No. 107.002.23.14).

Compliance with the ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee of the National Center of Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency (minutes No. 3 dated November 13, 2023). Voluntary informed consent to participate in the study was signed by all athletes, parents/guardians, or legal representatives of the minor athletes.

Potential conflict of interest. Boris A. Polyaev is a member of the editorial board of the *Extreme Medicine* journal. The other authors declare no potential conflict of interest.

✉ Anton V. Slivin anton-slivin@mail.ru

Received: 8 Dec. 2025 **Revised:** 12 Feb. 2026 **Accepted:** 27 Feb. 2026 **Online first:** 12 May 2026

ВВЕДЕНИЕ

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) определяется как нарушение нормального функционирования головного мозга вследствие травматического воздействия [1]. Полученная в результате занятия спортом ЧМТ (в зарубежной литературе — спорт-ассоциированные сотрясения головного мозга) происходит при повышенном артериальном давлении и минутном объеме крови, что, как было отмечено ранее С. Mele и соавт., способствует росту внутричерепного давления, в последствии — расширению объема вторичных повреждений нейронов [2]. Характерен кумулятивный эффект, суммация последствий частых травм разной степени тяжести (синдром повторных повреждений) [3]. ЧМТ

в спорте может характеризоваться тяжелыми последствиями и их стремительным развитием. Более того, важно учитывать не только повреждения головного мозга, но и нарушения, особенно у детей и подростков, в работе шейного отдела позвоночника, атланто-затылочного и височно-нижнечелюстного суставов, а также мозгового кровотока, возникающие вследствие травмы. Часто повседневная жизнь пациентов с ЧМТ значительно меняется после получения травмы: появляется головная боль, шум в ушах, снижается зрение, возникают трудности с фокусировкой и балансом, ухудшается зрительно-моторная координация, отмечаются когнитивные нарушения и аффективные расстройства [4]. Формирующаяся клиническая симптоматика может проявиться как остро, так и спустя

длительный период времени. При этом особую озабоченность специалистов вызывает манифестация долгосрочных последствий, имеющих различную клиническую картину. Однако лишь менее 10% пациентов после перенесенной ЧМТ проходят регулярное диспансерное наблюдение [5].

Значимость долгосрочных последствий подтверждается результатами согласительного заявления по сотрясению головного мозга в спорте. В частности, большинством экспертов (63,8%) было отмечено, что изучение долгосрочных последствий перенесенной ЧМТ, в том числе и легких, спорт-ассоциированных сотрясений головного мозга является самым перспективным направлением дальнейших исследований [6]. В работе J. Cunningham и соавт. подчеркивается возможное негативное влияние на когнитивное здоровье не только диагностированных внутричерепных травм, но также и неоднократных ударов по голове во время занятий спортом [7]. Однако в настоящее время пока не удалось однозначно установить связь между множественными внутричерепными травмами и когнитивными, поведенческими, эмоциональными, неврологическими нарушениями. Это свидетельствует об актуальности дополнительных исследований отсроченных последствий ЧМТ, что также отмечается в одном из последних систематических обзоров G. Manley и соавт. [8].

Цель работы — выявление наиболее частых клинических проявлений последствий черепно-мозговой травмы у действующих и завершивших спортивную карьеру спортсменов различных видов спорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анонимный опрос с помощью защищенной онлайн-платформы LimeSurvey с использованием собственного домена среди действующих и бывших спортсменов сборных команд Российской Федерации по вопросам распространенности симптомов различных последствий перенесенной ЧМТ.

В опросе приняли участие 902 спортсмена в возрасте 11–80 лет. Медиана возраста спортсменов составила 24 [17; 29] года. Среди принявших участие мужчин 638 человек (70,7%), женщин — 264 человека (29,3%).

Для сравнительного анализа опрошенные спортсмены были разделены на 2 группы в зависимости от возраста на момент исследования: совершеннолетние ($n = 662$ (73,4%), 18 лет и старше; медиана возраста 23 [20; 31] года) и несовершеннолетние ($n = 240$ (26,6%), младше 18 лет; медиана возраста 16 [15; 16] лет). В связи с вероятными различиями в состоянии здоровья спортсменов анализ выполнялся в каждой возрастной группе отдельно.

Группа совершеннолетних спортсменов с целью выявления различий клинических проявлений в зависимости перенесенной ЧМТ была разделена на 2 подгруппы: спортсмены, которые заявили, что имели хотя бы 1 сотрясение головного мозга в анамнезе ($n = 101$, медиана возраста 29 [22; 39] лет), и спортсмены, которые отрицали наличие сотрясения головного мозга ($n = 561$, медиана возраста 22 [20; 29] года). Затем с целью выявления кумулятивного эффекта перенесенных

ЧМТ совершеннолетние спортсмены, проинформировавшие, что имели как минимум одно сотрясение головного мозга в анамнезе, были дополнительно распределены на 2 подгруппы: спортсмены, сообщившие, что имели 1–2 сотрясения головного мозга в анамнезе ($n = 50$, медиана возраста 27 [23; 39] лет), и спортсмены с тремя и более сотрясениями головного мозга в анамнезе ($n = 51$, медиана возраста 30 [22; 39] лет).

Для определения влияния частых контактов/ударов во время тренировок и соревнований на клинические проявления последствий ЧМТ совершеннолетние спортсмены, которые сообщили, что не имели сотрясения головного мозга в анамнезе, были разделены на 2 подгруппы: спортсмены, которые проинформировали, что имеют высокую вероятность контактов/ударов в своей спортивной деятельности ($n = 298$, медиана возраста 22 [20; 29] года), и спортсмены, которые сообщили, что подобная вероятность в рамках спортивной деятельности низкая ($n = 263$, медиана возраста 23 [19; 29] года).

С целью глубокого анализа возрастных различий в структуре клинических проявлений последствий внутричерепных травм группа совершеннолетних спортсменов была дополнительно разделена на возрастные подгруппы: 18–30; 31–40; 41–50 лет; старше 51 года.

Критерии включения участников в исследование: действующие члены сборных команд Российской Федерации, спортсмены, состоявшие в сборных командах Российской Федерации, но уже завершившие спортивную карьеру.

Критерии исключения спортсменов из исследования: отказ от участия, неполное/некорректное заполнение анкеты.

Опрос проводился с октября 2023 по февраль 2024 г. с использованием анкеты, разработанной авторами. Опросник содержал 50 вопросов, ответы на которые предусматривали градацию «да»/«нет», а также текстовые дополнения, если это было предусмотрено вопросом. Анкета включала вопросы, касающиеся вида спорта и продолжения спортивной карьеры, анамнестических данных (пол, возраст, семейное положение, вредные привычки, хронические заболевания, прием лекарственных препаратов), а также наличия симптомов, которые могут выступать в качестве клинических проявлений последствий ЧМТ. Также в опроснике содержались вопросы для выяснения наличия следующих групп нарушений: когнитивных (снижение памяти, внимания, концентрации, трудности при выполнении привычных бытовых дел), поведенческих (излишняя импульсивность, жестокость, агрессия, беспокойство, заторможенность, замкнутость или другие изменения в поведении), аффективных (чувство чрезмерной грусти, подавленности или безнадёжности, тревоги, раздражительности или перепады настроения), двигательных (изменение или нестабильность походки, случайные падения, появление дрожи в руках, мышечная слабость), нарушений речи (трудности с произношением, искажение слов или отдельных звуков), нарушения сна, ухудшения зрения или слуха, а также значительных изменений почерка за последнее время. Затем высчитывали долю положительных ответов по группам нарушений.

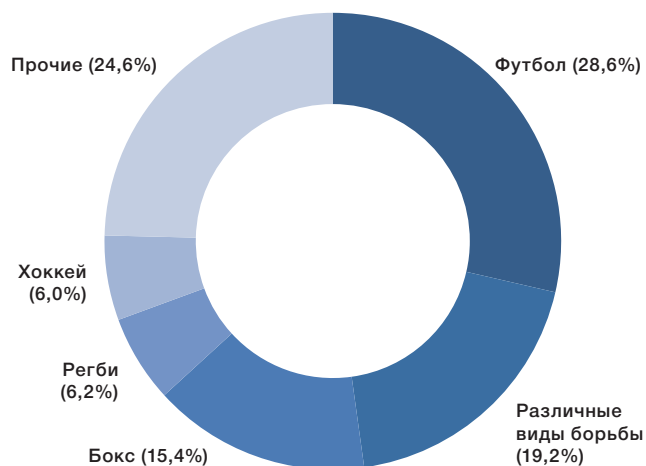


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Распределение спортсменов по видам спорта

Статистический анализ данных осуществлялся с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 23.0. Для оценки типа распределения количественных параметров применяли критерий Колмогорова – Смирнова. Описательные статистики количественных данных приводятся в форме медианы и квартилей, описание качественных признаков представлено в виде абсолютных и относительных частот с их 95% доверительными интервалами. Для сравнительного межгруппового анализа количественных величин использовали непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни. Сравнение дискретных величин проводилось с помощью критерия χ^2 с поправкой Йетса (при количестве наблюдений менее 10 хотя бы в одной ячейке). В случае если количество наблюдений было менее 5 в одной из ячеек, использовали точный критерий Фишера. Уровень значимости для всех статистических вычислений $<0,05$ был принят за статистическую значимость.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После первичной обработки анкет установлено, что в исследовании приняли участие представители самых разных видов спорта. На рисунке 1 представлена

информация о распределении по видам спорта среди опрошенных спортсменов. Наибольшее число спортсменов, принявших участие в опросе, представлены следующими видами спорта: футбол (28,6%), различные виды борьбы (19,2%), бокс (15,4%), регби (6,2%) и хоккей (6%). Среди прочих видов спорта: баскетбол, бобслей, легкая атлетика, современное пятиборье, фехтование, гандбол, парашютный спорт, санный спорт, скелетон, конькобежный спорт, скейтбординг, спортивная гимнастика, фристайл, фигурное катание.

В ходе опроса установлено, что 795 (88,1%) спортсменов продолжают и по настоящее время профессионально заниматься спортом, 107 (11,9%) спортсменов уже завершили свою спортивную карьеру.

У 52 (5,8%) спортсменов отмечено наличие хронических заболеваний: аллергических проявлений, хронического тонзиллита, сахарного диабета, псориаза, хронической обструктивной болезни легких.

145 (16,1%) спортсменов регулярно испытывают головные боли или мигрени, однако лишь 38 (4,2%) из них обращались за медицинской помощью по поводу данных состояний. На вопрос о ранее диагностированных тревожности, депрессии или других психических расстройствах положительно ответили 13 (1,4%) спортсменов; о наличии синдрома дефицита внимания и гиперактивности сообщили 2 (0,2%) спортсмена; о расстройствах письма и чтения проинформировали 3 (0,3%) спортсмена.

Сотрясения головного мозга зафиксированы у 15,3% [95% ДИ: 12,5; 18,0] совершеннолетних спортсменов, при этом количество госпитализаций по поводу ЧМТ составило 6,3% [95% ДИ: 4,5; 8,2], у 7,7% [95% ДИ: 5,7%; 9,7%] спортсменов зарегистрировано три и более сотрясений головного мозга. При этом важно отметить, что у совершеннолетних атлетов по сравнению с несовершеннолетними статистически значимо выше распространенность сотрясений головного мозга ($p < 0,001$), госпитализаций ($p = 0,002$) и повторных ЧМТ ($p < 0,001$) (табл. 1).

Также отмечено, что длительность восстановительного периода у совершеннолетних спортсменов статистически значимо ниже по сравнению с несовершеннолетними 8 [4; 21] дней против 19,5 [7; 45] дня ($p < 0,001$).

В ходе исследования установлено, что немотивированную усталость, головную боль/головокружение, тошноту после тренировки при избыточной

Таблица 1. Сравнительный анализ количества сотрясений головного мозга, госпитализаций и повторяющихся сотрясений головного мозга у совершеннолетних и несовершеннолетних спортсменов

Параметр	Совершеннолетние спортсмены ($n = 662$)	Несовершеннолетние спортсмены ($n = 240$)	Уровень статистической значимости, p
Количество сотрясений головного мозга, %	15,3 [12,5; 18]	2,5 [0,5; 4,5]	$<0,001$
Количество госпитализаций по поводу сотрясения головного мозга, %	6,3 [4,5; 8,2]	0,8 [0,3; 1,9]	0,002
Количество трех и более сотрясений головного мозга в анамнезе, %	7,7 [5,7; 9,7]	1,3 [0,4; 3,3]	$<0,001$

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. n — количество спортсменов; данные представлены в виде относительных частот и их 95% доверительных интервалов.

Таблица 2. Сравнительный анализ наиболее распространенных клинических проявлений последствий внутричерепных травм у совершеннолетних и несовершеннолетних спортсменов

Клинические проявления	Совершеннолетние спортсмены (n = 662)	Несовершеннолетние спортсмены (n = 240)	Уровень статистической значимости, p
Снижение памяти, внимания, концентрации, трудности при выполнении привычных бытовых дел, %	11,6 [9,2; 14,1]	6,3 [3,2; 9,3]	0,019
Излишняя импульсивность, жестокость, агрессия, беспокойство, заторможенность, замкнутость или другие изменения в поведении, %	11,2 [8,8; 13,6]	6,7 [3,5; 9,8]	0,046
Чувство чрезмерной грусти, подавленности или безнадежности, тревоги, раздражительности или перепады настроения, %	16,3 [13,5; 19,1]	11,7 [7,6; 15,7]	0,085
Изменение или нестабильность походки, случайные падения, появление дрожи в руках, мышечная слабость, %	4,2 [2,7; 5,8]	1,7 [0,1; 3,3]	0,103
Нарушения речи, трудности с произношением, искажение слов или отдельных звуков, %	2,3 [1,1; 3,4]	4,2 [1,6; 6,7]	0,192
Нарушения сна, %	20,1 [17; 23,1]	11,3 [7,3; 15,3]	0,003
Значительные изменения почерка за последнее время, %	4,7 [3,1; 6,3]	5 [2,2; 7,8]	0,844
Ухудшение зрения, %	14,1 [11,4; 16,7]	3,8 [1,4; 6,2]	<0,001
Снижение слуха, %	4,4 [2,8; 5,9]	0,4 [0,03; 1,2]	0,007

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. n — количество спортсменов; данные представлены в виде относительных частот и их 95% доверительных интервалов.

индивидуальной нагрузке отмечали 382 (57,7%) совершеннолетних и 14 (5,8%) несовершеннолетних спортсменов из числа опрошенных ($p < 0,001$), при этом подавляющее большинство спортсменов подчеркивали, что такие ситуации происходили крайне редко.

В таблице 2 представлены результаты сравнительного анализа возможных клинических проявлений последствий перенесенных ЧМТ у совершеннолетних и несовершеннолетних спортсменов. У совершеннолетних спортсменов по сравнению с несовершеннолетними статистически значимо чаще регистрировали когнитивные нарушения (11,6% против 6,3%, $p = 0,019$), поведенческие нарушения (11,2% против 6,7%, $p = 0,046$), нарушения сна (20,1% против 11,3%, $p = 0,003$), ухудшение зрения (14,1% против 3,8%, $p < 0,001$) и снижение слуха (4,4% против 0,4%, $p = 0,007$).

При сравнительном анализе клинических проявлений последствий ЧМТ у совершеннолетних спортсменов было установлено, что изменения статистически значимо чаще встречались у спортсменов, отмечавших в анамнезе сотрясение головного мозга (рис. 2).

Наиболее часто среди спортсменов, имевших сотрясение головного мозга в анамнезе, встречались нарушения сна (36,6%), аффективные нарушения (27,7%), когнитивные нарушения (25,7%), поведенческие нарушения (22,8%), нарушения зрения (23,8%). Спортсмены,

не имевшие сотрясения головного мозга, чаще всего отмечали у себя нарушения сна (17,1%), зрения (12,3%), аффективные нарушения (14,3%).

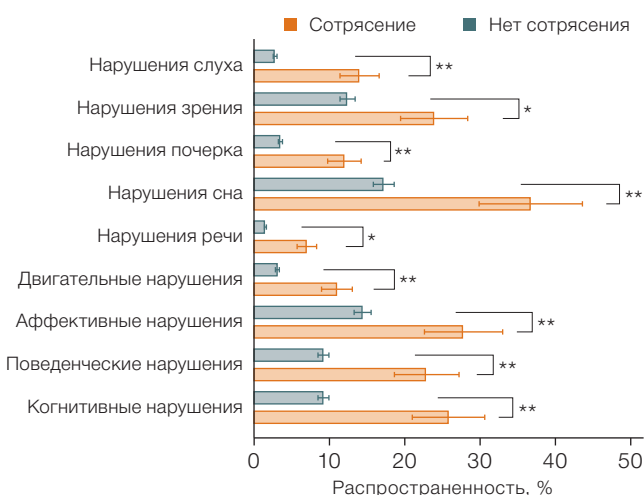


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Сравнительный анализ распространенности клинических проявлений последствий внутричерепных травм у совершеннолетних спортсменов.

* — уровень статистической значимости $p = 0,003$;
** — уровень статистической значимости $p < 0,001$

По итогам проведенного анализа не зафиксировано статистически значимых изменений ни по одной из исследуемых групп нарушений у совершеннолетних спортсменов, которые имели 1 или 2 сотрясения головного мозга в анамнезе ($n = 50$), по сравнению с теми, кто имел 3 и более ЧМТ ($n = 51$).

Однако, несмотря на отсутствие статистически значимых различий, для некоторых проявлений разница достигает двух и более раз. Так, у совершеннолетних спортсменов с неоднократными сотрясениями головного мозга отмечена тенденция к большей распространенности поведенческих нарушений (29,4% против 16%, $p = 0,171$), аффективных нарушений (35,5% против 20%, $p = 0,136$), а также изменений почерка (17,7% против 6%, $p = 0,134$) по сравнению со спортсменами, имевшими единичные сотрясения головного мозга.

У совершеннолетних спортсменов, специализирующихся на контактных видах спорта, чаще регистрировали аффективные ($p = 0,012$), поведенческие ($p < 0,001$), когнитивные нарушения ($p = 0,009$), нарушения зрения ($p = 0,032$) по сравнению со спортсменами, не занимающимися контактными видами спорта (рис. 3).

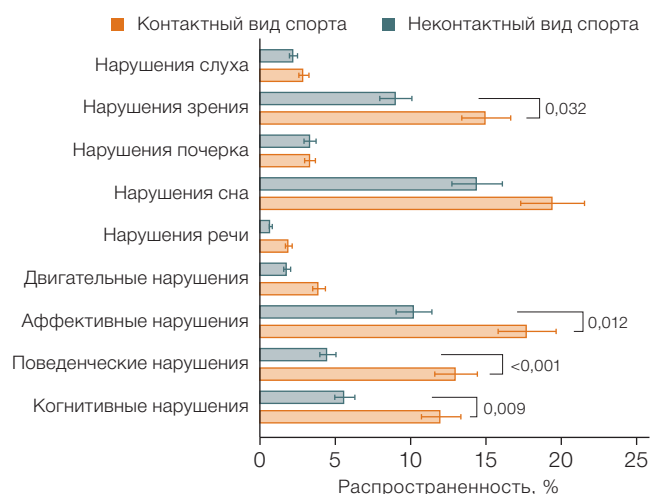


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 3. Сравнительный анализ распространенности клинических проявлений последствий внутричерепных травм у совершеннолетних спортсменов контактных и неконтактных видов спорта

Среди совершеннолетних спортсменов контактных видов спорта наиболее распространены нарушения сна (19,5%), аффективные нарушения (17,8%), нарушения зрения (15,1%), поведенческие (13,1%) и когнитивные нарушения (12,1%).

При анализе распространенности у совершеннолетних спортсменов нарушений, связанных с последствиями ЧМТ в зависимости от возраста, выявлено, что наиболее часто встречающимися отклонениями (относительно всех выявленных патологий) в возрасте 18–30 лет были нарушение сна у 26,4% [95% ДИ: 21,6; 31,1] респондентов, аффективные нарушения у 23,4% [95% ДИ: 18,8; 27,9] спортсменов, поведенческие нарушения у 13,2% [95% ДИ: 9,6; 16,8] опрошенных.

В то же время в группе 31–40 лет нарушение сна выявили у 18,8% [95% ДИ: 11,5; 26,0], когнитивные нарушения — у 17,9% [95% ДИ: 10,8; 25,0], ухудшение зрения — у 17,9% [95% ДИ: 10,8; 25,0].

В возрастной группе 41–50 лет ухудшение зрения отмечено 29,2% [95% ДИ: 18,7; 39,7] опрошенными, нарушение сна и когнитивные нарушения — 16,7% [95% ДИ: 8,1; 25,3] и 16,7% [95% ДИ: 8,1; 25,3] респондентами соответственно. В возрастной группе 51 год и старше ухудшение зрения наблюдали у 24,4% [95% ДИ: 14,2; 34,3] спортсменов, нарушение сна — у 17,1% [95% ДИ: 8,3; 26,0], когнитивные и поведенческие нарушения — у 11,4% [95% ДИ: 4,0; 18,9] опрошенных. Во всех возрастных группах лидирующие позиции по распространенности занимали нарушения сна, а в группе старше 40 лет — нарушения зрения (рис. 4).

При детальном анализе структуры распространенности клинических проявлений последствий внутричерепных травм было отмечено, что у спортсменов старше 40 лет с перенесенным сотрясением головного мозга статистически значимо чаще отмечались поведенческие нарушения по сравнению со спортсменами без травм ($p < 0,05$). В свою очередь, у спортсменов с перенесенной ЧМТ в анамнезе в возрасте до 30 лет статистически значимо чаще фиксировались когнитивные ($p = 0,003$) и аффективные нарушения ($p = 0,003$).

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем опросе принимали участие как действующие спортсмены, так и те, кто уже завершил

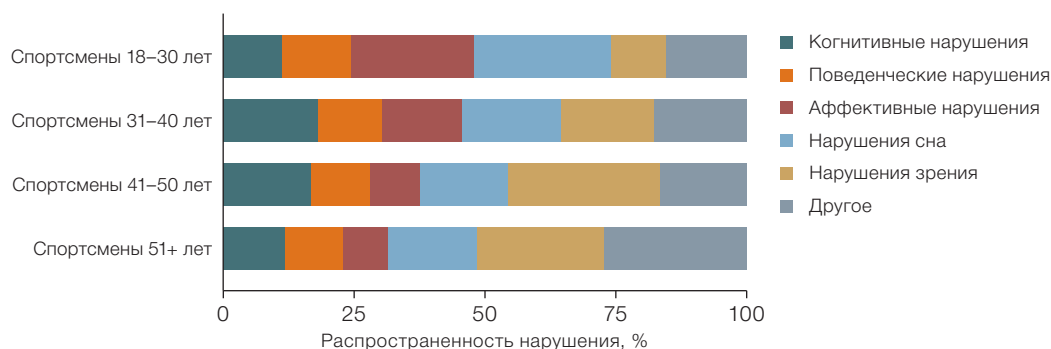


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 4. Структура распространенности клинических проявлений последствий внутричерепных травм у совершеннолетних спортсменов в зависимости от возраста

спортивную карьеру. В исследуемой выборке преобладали спортсмены, занимающиеся контактными видами спорта, где вероятность получения травмы головы более высокая, что отражает репрезентативность выборки и подтверждается данными других исследований [9–11].

Невысокая распространенность диагностированных аффективных, когнитивных и поведенческих нарушений (0,3, 0,2 и 1,4% соответственно) среди всех спортсменов может свидетельствовать как о нежелании спортсменов обращаться за медицинской помощью, так и о социальной табуированности вышеуказанных нарушений, о чем сообщалось ранее некоторыми авторами [12–15]. В спорте высших достижений нередко случаи диссимуляции спортсменами своих проблем со здоровьем с целью получить допуск к занятиям. Так, по данным опубликованных исследований, до половины опрошенных могут сознательно скрывать симптомы от тренерского штаба и медицинских работников, а часть спортсменов могут не обратить внимания на симптомы сотрясения головного мозга в связи с малой информированностью о проблеме [15, 16]. Это находит подтверждение в результатах нашего исследования: 16,1% спортсменов сообщали, что регулярно испытывают головные боли/мигрень, однако только 4,2% обращались за официальной медицинской помощью по поводу этих состояний.

О наличии ЧМТ в анамнезе сообщили 15,3% совершеннолетних и 2,5% несовершеннолетних спортсменов, что подтверждает правомерность возрастного деления на группы при дальнейшем анализе клинических проявлений последствий внутричерепных травм. По данным зарубежных авторов, частота сотрясений головного мозга колеблется от 0,1 до 5% в футболе [17–20]. Подобные различия могут быть объяснены большим возрастным охватом в нашем исследовании, в котором приняли участие в том числе и завершившие карьеру спортсмены, преимущественным включением в выборку спортсменов контактных видов спорта, а также тем фактом, что статистика в зарубежных исследованиях приводится только по зафиксированному медицинским персоналом случаям сотрясения головного мозга. В нашем исследовании число повторных сотрясений головного мозга составило 7,7% опрошенных совершеннолетних спортсменов, каждый второй спортсмен имел 3 и более сотрясения головного мозга. Количество госпитализаций по поводу травмы головы составило 6,3% среди совершеннолетних спортсменов, что соотносится с данными других авторов [20, 21].

В настоящем исследовании показано, что у совершеннолетних спортсменов статистически значимо чаще по сравнению с несовершеннолетними отмечались когнитивные и поведенческие нарушения, нарушение сна, ухудшение зрения и слуха. Учитываякратно более высокую распространенность перенесенных сотрясений головного мозга у совершеннолетних спортсменов, а также более высокую нейропластичность у юных атлетов, данное наблюдение представляется логичным [22–25]. При этом травма головы у несовершеннолетних спортсменов нередко сопровождается травматизацией шейного отдела позвоночника (в частности, атлантозатылочного сустава),

что может приводить к снижению мозгового кровотока и формировать клиническую симптоматику. Более того, Т. Pfister и соавт. отмечено, что распространенность сотрясений головного мозга у несовершеннолетних спортсменов может быть недооценена в связи с низкой информированностью спортсменов, а также родителей и тренерского персонала о возможных клинических проявлениях этого состояния [26].

Особый интерес представляет тот факт, что у совершеннолетних спортсменов, имевших хотя бы одно сотрясение головного мозга в анамнезе, зафиксирована статистически значимая большая распространенность всех исследуемых возможных клинических проявлений последствий внутричерепных травм. При этом наиболее часто совершеннолетние спортсмены, имевшие хотя бы одно сотрясение головного мозга в анамнезе, предъявляли жалобы на нарушения сна, аффективные, когнитивные и поведенческие нарушения, что также было отмечено некоторыми авторами [27–34]. Важно отметить, что выявленные нарушения не могут однозначно трактоваться как прямое следствие органического повреждения головного мозга, поскольку в настоящем исследовании не проводили объективные инструментальные обследования спортсменов. При этом не было отмечено статистически значимой разницы в количестве субъективной симптоматики у спортсменов в зависимости от числа сотрясений головного мозга. Отсутствие разницы может свидетельствовать о высокой потенциальной опасности внутричерепных травм у спортсменов, когда даже единичный случай может запустить каскад патологических необратимых реакций.

При сравнительном анализе изучаемых клинических проявлений последствий внутричерепных травм установлено, что спортсмены контактных видов спорта статистически значимо чаще отмечали когнитивные, аффективные и поведенческие нарушения, а также нарушения зрения по сравнению со спортсменами неконтактных видов спорта. Это обуславливает необходимость организации скрининговых исследований именно вышеуказанных нарушений, особенно в группах спортсменов высокого риска по получению сотрясений головного мозга.

Наиболее часто встречающимися проявлениями у спортсменов старше 30 лет являлись нарушения сна, зрения и когнитивных функций, в то время как в возрастной группе 18–30 лет преобладающими были аффективные нарушения и расстройства сна. Поэтому возраст спортсмена является важным фактором, значимым для выбора скрининговых мероприятий. Важно заметить, что когнитивные изменения и нарушения зрения у спортсменов старше 40 лет могут быть связаны не только с наличием в анамнезе ЧМТ, но и с возрастными изменениями, а выявление когнитивных нарушений у спортсменов до 30 лет может свидетельствовать о необходимости проведения дополнительного обследования с целью интерпретации нарушений в контексте последствий внутричерепных травм.

Одним из наиболее тяжелых отдаленных последствий ЧМТ является синдром травматической энцефалопатии, диагностические и лечебные подходы к которому остаются нерешенными. Даже несмотря

на определенные ограничения проведенного нами опроса, по его итогам было обнаружено, что 9 (1%) спортсменов соответствовали критериям постановки диагноза синдрома травматической энцефалопатии (наличие ЧМТ в анамнезе; контактный вид спорта, спортивный стаж 5 и более лет; исключена ЧМТ в последние 6 мес. до исследования; когнитивные нарушения и нарушения настроения и/или поведения; начало прогрессирования симптомов (менее 12 мес. назад)) [35]. Это подтверждает необходимость пристального внимания к состоянию здоровья спортсменов и подчеркивает важную роль анкетирования в структуре обследования атлетов.

Существенным фактором, затрудняющим изучение последствий внутричерепных травм, является отсутствие в настоящее время единства мирового сообщества по вопросу классификации этих состояний. Также стоит учесть, что для большинства последствий перенесенных внутричерепных травм характерны неспецифические проявления, которые трудно интерпретировать в отрыве от анамнеза обследуемого лица [6]. Многими авторами однозначно отмечается, что профессиональная спортивная деятельность — безусловный фактор риска ЧМТ, особенно в контактных видах спорта [5, 36].

По мнению A. Ledreux и соавт., длительный мониторинг за спортсменами с неоднократными ЧМТ в анамнезе имеет важное практическое значение для раннего выявления возможных отклонений со стороны органов и систем [37]. Поэтому перспективным представляется внедрение в практику врачей по спортивной медицине методов психометрической оценки базового уровня когнитивных функций спортсменов, однако это требует предварительной разработки наиболее валидных тестов [38].

Ограничениями настоящего исследования являются его проведение на базе одного центра, недостаточный объем опрошенных спортсменов старшей возрастной группы, завершивших спортивную карьеру, а также субъективность опроса без подтверждения жалоб спортсменов данными объективного медицинского обследования.

Направления дальнейшего изучения должны включать проведение длительных наблюдательных проспективных исследований с целью разработки

чувствительных методов ранней диагностики клинических проявлений, характерных для последствий перенесенных внутричерепных травм, нахождение специфических биомаркеров для преморбидной диагностики нейродегенерации, а также поиск предикторов неблагоприятного исхода сотрясений головного мозга у спортсменов. При этом методология последующих исследований должна содержать объективные методы инструментального обследования как головного мозга, так и прилегающих структур (шейный отдел позвоночника, атлантозатылочный и височно-нижнечелюстной суставы), особенно у подростков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди наиболее распространенных клинических проявлений последствий внутричерепных травм у совершеннолетних спортсменов с хотя бы одним перенесенным сотрясением головного мозга отмечаются нарушения сна (36,6%), аффективные (27,7%), когнитивные (25,7%) и поведенческие (22,8%) нарушения, а также нарушения зрения (23,8%). Статистически значимо чаще они встречаются у спортсменов контактных видов спорта. Особое внимание требуют спортсмены с наличием ЧМТ в анамнезе и когнитивными нарушениями, обнаруженными в возрасте до 30 лет, и поведенческими — после 40 лет.

Большинство посттравматических синдромов, характеризующих последствия ЧМТ, имеет широкий спектр неспецифических клинических проявлений. В связи с тем что клиническая картина посттравматических и общесоматических синдромов сходна, существенно затруднена интерпретация наблюдаемых нарушений у спортсменов, а коррекция уже возникших патологических состояний проводится лишь симптоматически.

Перспективным направлением представляется разработка высокочувствительных и специфических скрининговых мероприятий, включающих раннее выявление наиболее распространенных клинических проявлений последствий внутричерепных травм, которые могли быть легко интегрированы в процесс медико-биологического обеспечения спорта высших достижений и способствовали сохранению здоровья спортсменов.

Литература / References

1. Golub VM, Reddy DS. Post-traumatic epilepsy and comorbidities: advanced models, molecular mechanisms, biomarkers, and novel therapeutic interventions. *Pharmacological Reviews*. 2022;74(2):387–438. <https://doi.org/10.1124/pharmrev.121.000375>
2. Mele C, Pingue V, Caputo M, Zavattaro M, Pagano L, Prodam F, et al. Neuroinflammation and Hypothalamo-Pituitary Dysfunction: Focus of Traumatic Brain Injury. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(5):2686. <https://doi.org/10.3390/ijms22052686>
3. Cantu RC, Bernick C. History of Chronic Traumatic Encephalopathy. *Seminars in Neurology*. 2020;40(4):353–8. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1713622>
4. Malec JF, Ketchum JM, Hammond FM, Corrigan JD, Dams-O'Connor K, Hart T, et al. Longitudinal effects of medical comorbidities on functional outcome and life satisfaction after traumatic brain injury: an individual growth curve analysis of NIDILRR traumatic brain injury model system data. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 2019;34(5):E24–35. <https://doi.org/10.1097/HTR.0000000000000459>
5. Maas AIR, Menon DK, Manley GT, Abrams M, Åkrelund C, Andelic N, et al. Traumatic brain injury: progress and challenges in prevention, clinical care, and research. *The Lancet Neurology*. 2022;21:1004–60. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(22\)00411-2](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(22)00411-2)
6. Patricios JS, Schneider KJ, Dvorak J, Ahmed OH, Blauwet C, Cantu RC, et al. Consensus statement on concussion in sport: the 6th International Conference on Concussion in Sport—Amsterdam, October 2022. *British Journal of Sports*

- Medicine*. 2023;57(11):695–711.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106898>
7. Cunningham J, Broglio SP, O'Grady M, Wilson F. History of Sport-Related Concussion and Long-Term Clinical Cognitive Health Outcomes in Retired Athletes: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. 2020;55(2):132–58.
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-297-18>
 8. Manley G, Gardner AJ, Schneider KJ, Guskiewicz KM, Bailes J, Cantu RC, et al. A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *British Journal of Sports Medicine*. 2017;51(12):969–77.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097791>
 9. Butler MLMD, Pervaiz N, Breen K, Calderazzo S, Ypsilantis P, Wang Y, et al. Repeated head trauma causes neuron loss and inflammation in young athletes. *Nature*. 2025;647:228–37.
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09534-6>
 10. Смоленский АВ, Шевелев ОА, Тарасов АВ, Менжуренкова ДН. Эпидемиология спортивной черепно-мозговой травмы. *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2024;2:25–31.
Smolensky AV, Shevelev OA, Tarasov AV, Menzhurenkova DN. Epidemiology of sports traumatic brain injury. *Exercise Therapy and Sports Medicine*. 2024;2:25–31 (In Russ.). EDN: JIMMAS
 11. Makdissi M, Critchley ML, Cantu RC, Caron JG, Davis GA, Echemendia RJ, et al. When should an athlete retire or discontinue participating in contact or collision sports following sport-related concussion? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2023;57(12):822–30.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106815>
 12. Sarmiento K, Donnell Z, Bell E, Tennant B, Hoffman R. A qualitative study of barriers and opportunities for concussion communication and management among parents of youth sports athletes. *Journal of Concussion*. 2019;1;3:10.1177/2059700219861863.
<https://doi.org/10.1177/2059700219861863>
 13. Longworth T, McDonald A, Cunningham C, Khan H, Fitzpatrick J. Do rugby league players under-report concussion symptoms? A cross-sectional study of elite teams based in Australia. *BMJ Open Sport Exercise Medicine*. 2021;7(1):e000860.
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000860>
 14. Ловягина АЕ, Хвацкая ЕЕ, Волков ДН. Показатели спортивного травматизма у представителей экстремальных видов спорта с разными особенностями психической саморегуляции. *Человек. Спорт. Медицина*. 2019;19(1):117–23.
Loviyagina AE, Khvatskaya EE, Volkov DN. Injury rate factors in extreme sports athletes with different mental self-regulation types. *Human. Sport. Medicine*. 2019;19(1):117–23 (In Russ.).
<https://doi.org/10.14529/hsm190116>
 15. Beidler E, Bogar K, Wallace J, McAllister-Deitrick J, Anderson M, Schatz P. The burden of unsubstantiated messaging: collegiate athletes' chronic traumatic encephalopathy mechanism beliefs. *Brain Injury*. 2021;35(10):1259–66.
<https://doi.org/10.1080/02699052.2021.1972146>
 16. Baugh CM, Meehan WP, Kroshus E, McGuire TG, Hatfield LA. College Football Players Less Likely to Report Concussions and Other Injuries with Increased Injury Accumulation. *Journal of Neurotrauma*. 2019;36(13):2065–72.
<https://doi.org/10.1089/neu.2018.6161>
 17. Chrisman SPD, Lowry S, Herring SA, Kroshus E, Hoopes TR, Higgins SK, et al. Concussion Incidence, Duration, and Return to School and Sport in 5- to 14-Year-Old American Football Athletes. *The Journal of Pediatrics*. 2019;207:176–84.
<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.11.003>
 18. Chandran A, Boltz AJ, Morris SN, Robison HJ, Nedimyer AK, Collins CL, et al. Epidemiology of Concussions in National Collegiate Athletic Association (NCAA) Sports: 2014/15–2018/19. *The American Journal of Sports Medicine*. 2022;50(2):526–36.
<https://doi.org/10.1177/03635465211060340>
 19. Pierpoint LA, Collins C. Epidemiology of Sport-Related Concussion. *Clinics in Sports Medicine*. 2021;40(1):1–18.
<https://doi.org/10.1016/j.csm.2020.08.013>
 20. Prien A, Grafe A, Rössler R, Junge A, Verhagen E. Epidemiology of Head Injuries Focusing on Concussions in Team Contact Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 2018;48(4):953–69.
<https://doi.org/10.1007/s40279-017-0854-4>
 21. Ntikas M, Stewart W, Ietswaart M, Hunter AM, Maas AIR, Menon DK, et al. Contrasting Characteristics and Outcomes of Sports-Related and Non-Sports-Related Traumatic Brain Injury. *JAMA Network Open*. 2024;7(1):e2353318.
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.53318>
 22. Manzanero S, Elkington LJ, Praet SF, Lovell G, Waddington G, Hughes DC. Post-concussion recovery in children and adolescents: A narrative review. *Journal of Concussion*. 2017;1.
<https://doi.org/10.1177/2059700217726874>
 23. Davis AR, Charles SD, Papesch MH, Gerson J, Shen J. Memory outcomes and interventions after sports-related traumatic brain injuries in pediatric and young adult athletes: a scoping review. *Journal of Pediatric Psychology*. 2025;jsaf075.
<https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsaf075>
 24. Нестеровский ЮЕ. Когнитивные и психоэмоциональные нарушения у детей после черепно-мозговой травмы: причины возникновения, клиника и терапия. *Медицинский Совет*. 2025;12:142–52.
Nesterovskiy YuE. Cognitive and psycho-emotional disorders in children after traumatic brain injuries: Causes, clinical picture and therapy. *Medical Council*. 2025;12:142–52 (In Russ.).
<https://doi.org/10.21518/ms2025-305>
 25. Meehan WP, Taylor AM, Proctor M. The pediatric athlete: younger athletes with sport-related concussion. *Clinics in Sports Medicine*. 2011;30(1):133–44.
<https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.08.004>
 26. Pfister T, Pfister K, Hagel B, Ghali WA, Ronksley PE. The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2016;50(5):292–7.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094978>
 27. Misquitta K, Dadar M, Tarazi A, Hussain MW, Alatwi MK, Ebraheem A, et al. The relationship between brain atrophy and cognitive-behavioural symptoms in retired Canadian football players with multiple concussions. *NeuroImage. Clinical*. 2018;19:551–8.
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.05.014>
 28. McKee AC. The Neuropathology of Chronic Traumatic Encephalopathy: The Status of the Literature. *Seminars in Neurology*. 2020;40(4):359–69.
<https://doi.org/10.1055/s-0040-1713632>
 29. Meysami S, Raji CA, Merrill DA, Porter VR, Mendez MF. MRI Volumetric Quantification in Persons with a History of Traumatic Brain Injury and Cognitive Impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2019;72(1):293–300.
<https://doi.org/10.3233/JAD-190708>
 30. Morissette MP, Prior HJ, Tate RB, Wade J, Leiter JRS. Associations between concussion and risk of diagnosis of psychological and neurological disorders: a retrospective population-based cohort study. *Family Medicine and Community Health*. 2020;8(3):e000390.
<https://doi.org/10.1136/fmch-2020-000390>
 31. Sicard V, Harrison AT, Moore RD. Psycho-affective health, cognition, and neurophysiological functioning following

- sports-related concussion in symptomatic and asymptomatic athletes, and control athletes. *Scientific Reports*. 2021;11(1):13838. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93218-4>
32. Leng Y, Byers AL, Barnes DE, Peltz CB, Li Y, Yaffe K. Traumatic Brain Injury and Incidence Risk of Sleep Disorders in Nearly 200,000 US Veterans. *Neurology*. 2021;96(13):e1792–9. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000011656>
 33. Cross NE, Carrier J, Postuma RB, Gosselin N, Kakinami L, Thompson C, et al. Association between insomnia disorder and cognitive function in middle-aged and older adults: a cross-sectional analysis of the Canadian Longitudinal Study on Aging. *Sleep*. 2019;42(8):zsz114. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsz114>
 34. Taskina D, Zhu C, Schwab N, Hazrati LN. Brain pathology and symptoms linked to concussion history: beyond chronic traumatic encephalopathy. *Brain Communications*. 2024;6(2):fcad314. <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcad314>
 35. Katz DI, Bernick C, Dodick DW, Mez J, Mariani ML, Adler CH, et al. National Institute of Neurological Disorders and Stroke consensus diagnostic criteria for traumatic encephalopathy syndrome. *Neurology*. 2021;96(18):848–63. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000011850>
 36. Theadom A, Mahon S, Hume P, Starkey N, Barker-Collo S, Jones K, et al. Incidence of Sports-Related Traumatic Brain Injury of All Severities: A Systematic Review. *Neuroepidemiology*. 2020;54(2):192–9. <https://doi.org/10.1159/000505424>
 37. Ledreux A, Pryhoda MK, Gorgens K, Shelburne K, Gilmore A, Linseman DA, et al. Assessment of Long-Term Effects of Sports-Related Concussions: Biological Mechanisms and Exosomal Biomarkers. *Frontiers in Neuroscience*. 2020;14:761. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00761>
 38. Mason SJ, Davidson BS, Lehto M, Ledreux A, Granholm AC, Gorgens KA. A Cohort Study of the Temporal Stability of ImPACT Scores Among NCAA Division I Collegiate Athletes: Clinical Implications of Test-Retest Reliability for Enhancing Student Athlete Safety. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2020;35(7):1131–44. <https://doi.org/10.1093/arclin/acia047>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: В.С. Фещенко — концептуализация, контроль выполнения исследования; Б.А. Поляев — управление проектом, редактирование текста статьи; С.О. Ключников — редактирование текста статьи; В.В. Завьялов — сбор и обработка данных; А.Н. Федоров — проведение исследования и методология; М.И. Поляков — написание черновика статьи; А.В. Сливин — статистическая обработка данных, формальный анализ, визуализация, написание черновика статьи.

Об авторах:

Фещенко Владимир Сергеевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4574-6506>
 Поляев Борис Александрович, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-2336>
 Ключников Сергей Олегович, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0877-648X>
 Завьялов Владимир Владимирович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6567-0118>
 Александр Николаевич Федоров, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1091-6907>
 Поляков Михаил Игоревич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8356-1332>
 Сливин Антон Вячеславович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-6525>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-541>

УДК 61:796/799



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВКЛЮЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗОМЕТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПРОТОКОЛ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРИ ТРАВМАХ МЫШЦ ГРУППЫ ХАМСТРИНГ У СПОРТСМЕНОВ: РАНДОМИЗИРОВАННОЕ КОНТРОЛИРУЕМОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

М.А. Попогребский¹, В.В. Кармазин¹, Д.Ф. Горлов¹, А.А. Горохов¹, С.А. Парастаев^{1,2}¹ Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Введение. Повреждения мышц задней поверхности бедра относятся к числу наиболее частых травм в беговых видах спорта. Несмотря на большое количество существующих восстановительных подходов, до настоящего времени отсутствует общепринятый протокол, обеспечивающий оптимальные сроки и безопасность возвращения спортсменов к максимальным нагрузкам.

Цель. Оценка эффективности разработанного алгоритмизированного протокола применения изометрических упражнений в восстановительном лечении высококвалифицированных спортсменов с повреждениями хамстринг.

Материалы и методы. Исследование проведено с участием 30 профессиональных спортсменов 18–29 лет (17 мужчин и 13 женщин, средний возраст $22,9 \pm 3,2$ года), имевших острую травму мышц задней поверхности бедра (двуглавая мышца бедра, полусухожильная или полуперепончатая мышца) 2а или 2б степени по классификации повреждений мышц Британской атлетической ассоциации (BAMIC). Участники были рандомизированы на две группы по 15 человек. Группа 1 (сравнения) получала стандартный базовый протокол реабилитации. Группа 2 (фокусная) — базовый протокол в сочетании с авторским алгоритмом индивидуализированных изометрических нагрузок. Определяли оптимальные углы тазобедренного и коленного суставов для максимального изометрического сокращения при уровне боли не более 3 баллов по визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Исследование проводилось с помощью роботизированного изокинетического комплекса Contrex. Результаты оценивали на 3, 4 и 5-й неделях после травмы. Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета программного обеспечения IBM SPSS Statistics 27.

Результаты. Время возвращения к спортивной деятельности в фокусной группе составило $27,87 \pm 4,78$ дня, что было статистически значимо меньше, чем в группе сравнения — $32,53 \pm 5,22$ дня ($t = -2,553$, $p = 0,016$); средняя разность составила 4,67 дня (95% ДИ: -8,41...-0,92), размер эффекта — большой (d Коэна = 0,93). Отношение пикового крутящего момента поврежденной ноги к здоровой демонстрировало статистически значимые межгрупповые различия на всех этапах наблюдения в пользу фокусной группы: на 3-й неделе с момента травмы: $74,40 \pm 5,32$ против $67,53 \pm 6,29\%$ ($t = 3,230$, $p = 0,003$); средняя разность составила 6,87% (95% ДИ: 2,51–11,22); размер эффекта — большой (d Коэна = 1,18). На 4-й неделе: $82,47 \pm 4,73$ против $76,87 \pm 5,41\%$ ($t = 3,017$, $p = 0,005$); средняя разность — 5,60% (95% ДИ: 1,80–9,40); размер эффекта — большой (d Коэна = 1,10). На 5-й неделе наблюдения отношение пикового крутящего момента поврежденной ноги к здоровой составляло $87,93 \pm 3,56$ против $82,60 \pm 3,52\%$ ($t = 4,128$, $p < 0,001$); средняя разность — 5,33% (95% ДИ: 2,69–7,98); размер эффекта — большой (d Коэна = 1,51).

Выводы. Разработанный критерияльно-ориентированный протокол, дополненный алгоритмизированными индивидуализированными изометрическими тренировками, позволил статистически значимо ускорить восстановление силовой симметрии нижних конечностей и сократить время возвращения высококвалифицированных спортсменов к спортивной деятельности при сохранении высокого уровня безопасности. Полученные результаты обосновывают целесообразность внедрения данного подхода в практику спортивной реабилитации.

Ключевые слова: восстановительное лечение; протокол восстановления; повреждения хамстринг; высококвалифицированные спортсмены; изометрические нагрузки; возврат в спорт

Для цитирования: Попогребский М.А., Кармазин В.В., Горлов Д.Ф., Горохов А.А., Парастаев С.А. Эффективность включения индивидуализированных изометрических нагрузок в протокол восстановительного лечения при травмах мышц группы хамстринг у спортсменов: рандомизированное контролируемое исследование. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):435–442. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-541>

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. Исследование проведено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации и одобрено локальным этическим комитетом федерального государственного автономного образовательного учреждения «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» (протокол № 241 от 26.06.2024). Всеми спортсменами подписано добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование инструментов ИИ. Авторы заявляют, что при подготовке статьи не использовали инструменты искусственного интеллекта.

✉ Попогребский Максим Александрович 378232@mail.ru

Статья поступила: 16.06.2026 **После доработки:** 29.07.2026 **Принята к публикации:** 06.08.2026 **Online first:** 01.09.2026

THE EFFECTIVENESS OF INCORPORATING INDIVIDUALIZED ISOMETRIC LOADS INTO A REHABILITATION TREATMENT PROTOCOL FOR HAMSTRING MUSCLE INJURIES IN ATHLETES: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

Maxim A. Popogrebsky^{1✉}, Valerii V. Karmazin¹, Danil F. Gorlov¹, Artem A. Gorokhov¹, Sergey A. Parastaev^{1,2}

¹ National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Introduction. Hamstring muscle injuries are among the most common injuries in running sports. Despite the large number of existing rehabilitation approaches, there is still no universally accepted protocol that ensures optimal timing and safety for athletes' return to maximal loads.

Objective. To assess the effectiveness of an algorithmized isometric exercise protocol in the rehabilitation of highly trained athletes with hamstring injuries.

Materials and methods. The study included 30 professional athletes aged 18–29 years (17 males and 13 females; mean age: 22.9 ± 3.2 years) with an acute injury of the posterior thigh muscles (biceps femoris, semitendinosus, or semimembranosus) classified as grade 2a or 2b according to the British Athletics Muscle Injury Classification (BAMIC). Participants were randomized into two groups of 15 individuals each. Group 1 (control) received the standard basic rehabilitation protocol. Group 2 (intervention) received the basic protocol combined with the authors' algorithm of individualized isometric loads. The optimal angles of the hip and knee joints for maximal isometric contraction were determined, provided that the pain level did not exceed 3 points on the visual analogue scale (VAS). The assessments were performed using a robotic isokinetic system (Contrex). Outcomes were evaluated at weeks 3, 4, and 5 post-injury. Statistical analysis was conducted using IBM SPSS Statistics 27.

Results. The time to return to sport activity in the intervention group was 27.87 ± 4.78 days, which was statistically significantly shorter than in the control group (32.53 ± 5.22 days; $t = -2.553$, $p = 0.016$). The mean difference was 4.67 days (95% CI: -8.41 to -0.92), and the effect size was large (Cohen's $d = 0.93$). The ratio of the peak torque of the injured leg to that of the uninjured leg showed statistically significant between-group differences at all follow-up time points, favoring the intervention group. At week 3 post-injury, the values were $74.40 \pm 5.32\%$ vs. $67.53 \pm 6.29\%$ ($t = 3.230$, $p = 0.003$); the mean difference was 6.87% (95% CI: 2.51 – 11.22); the effect size was large (Cohen's $d = 1.18$). At week 4, the values were $82.47 \pm 4.73\%$ vs. $76.87 \pm 5.41\%$ ($t = 3.017$, $p = 0.005$); the mean difference was 5.60% (95% CI: 1.80 – 9.40); the effect size was large (Cohen's $d = 1.10$). At week 5 of follow-up, the ratio of the peak torque of the injured to the uninjured leg was $87.93 \pm 3.56\%$ vs. $82.60 \pm 3.52\%$ ($t = 4.128$, $p < 0.001$); the mean difference was 5.33% (95% CI: 2.69 – 7.98); the effect size was large (Cohen's $d = 1.51$).

Conclusions. The developed criterion-based protocol, supplemented with algorithmized individualized isometric training, enabled a statistically significant acceleration of recovery of symmetry in lower limb strength and reduced the time to return to sport for highly trained athletes, while maintaining a high level of safety. The obtained results substantiate the feasibility of implementing this approach in sports rehabilitation practice.

Keywords: rehabilitation treatment; rehabilitation protocol; hamstring injuries; highly trained athletes; isometric loads; return to sport

For citation: Popogrebsky M.A., Karmazin V.V., Gorlov D.F., Gorokhov A.A., Parastaev S.A. The effectiveness of incorporating individualized isometric loads into a rehabilitation treatment protocol for hamstring muscle injuries in athletes: A randomized controlled trial. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):435–442. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-541>

Funding. The study was conducted without external funding.

Compliance with ethical principles. The study was conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki and was approved by the Local Ethics Committee of the Pirogov Russian National Research Medical University (minutes No. 241 dated 26.06.2024). All athletes signed voluntary informed consent to participate in the study.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

AI tools use. The authors declare no AI tools were used in the preparation of this article.

✉ Maxim A. Popogrebsky 378232@mail.ru

Received: 16 June 2026 **Revised:** 29 July 2026 **Accepted:** 6 Aug. 2026 **Online first:** 1 Sep. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Повреждения мышц задней поверхности бедра (МЗПБ, или хамстринг) относятся к числу наиболее распространенных травм в современном спорте. Высокая частота их возникновения, длительный период восстановления (2–12 недель) и значительный риск рецидивов (до 30–33% в течение первого года после травмы) делают данную патологию одной из актуальных проблем спортивной медицины [1, 2].

Особенно часто травмы хамстринга встречаются в дисциплинах, требующих максимальной скорости бега и взрывных усилий: спринтерские дистанции, барьерный бег, прыжковые виды легкой атлетики, а также в футболе, регби и американском футболе [3, 4]. Основным механизмом повреждения является

интенсивная эксцентрическая нагрузка в фазе позднего переднего выноса ноги при беге с максимальным ускорением, когда мышцы работают в положении наибольшего удлинения. Уникальная двусуставная анатомия хамстринга (полусухожильная, полумембранозная, длинная и короткая головки двуглавой мышцы бедра), сочетание эксцентрического торможения и последующего мощного концентрического сокращения, а также сложная координация работы всех трех мышц обуславливают высокую уязвимость данной группы [5–7].

Несмотря на широкую распространенность травм МЗПБ и богатый накопленный опыт лечения в мировой медицине, частота встречаемости данных повреждений и частота рецидивов по-прежнему остаются высокими [1, 8]. Эти обстоятельства диктуют необходимость дальнейшего изучения патологии и поиска

новых эффективных методов восстановительного лечения и профилактики.

Ключевая задача медицинского персонала в спортивной сфере — обеспечить максимально быстрое и при этом безопасное восстановление спортсмена с последующим возвращением к тренировочному процессу, включающему предельные спортивные нагрузки. Для выполнения такого условия необходим тонкий баланс между интенсивностью скоростно-силовых упражнений и безопасностью для поврежденных тканей. Излишне агрессивный подход при этом чреват усилением боли и рецидивом травмы, в то время как чрезмерно осторожный вариант приведет к излишней потере тренировочного и соревновательного времени, недопустимой в спорте высших достижений [6].

Основа восстановительного лечения при мышечных травмах в спорте — использование критерий-ориентированных градуированно усложняющихся физических упражнений. Активные своевременные нагрузки с контролем их интенсивности являются самым эффективным стимулятором восстановления структуры и функции мышц [7, 9].

Изометрические упражнения традиционно считаются первым этапом в восстановительном лечении после травм опорно-двигательного аппарата. Это обусловлено их безопасностью и возможностью начинать нагрузку уже в первые дни после травмы при условии уверенной переносимости нагрузок в рамках 2–3 баллов по 10-балльной визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Изометрические сокращения, благодаря возможности ранней высокой активации мышечных волокон, обеспечивают мощную афферентную импульсацию в центральную нервную систему, способствуя быстрому восстановлению нервно-мышечного контроля, стимулируя процессы раннего ремоделирования тканей, что способствует восстановлению архитектуры мышцы. Изометрия в оптимальных углах позволяет создавать значительную механическую нагрузку на мышечные волокна без изменения длины мышцы, минимизируя риск усугубления травмы [7, 10].

Интенсивные изометрические упражнения целесообразно использовать на всех стадиях восстановительного процесса при мышечных травмах МЗПБ, так как при определенных углах сгибания коленного и тазобедренного суставов интенсивность боли меньше, чем на других из-за изменения пространственного соотношения рычагов (расстояние от оси сустава до точки фиксации мышцы) и изменения натяжения мышечных, фасциальных и сухожильных элементов вследствие взаимного изменения пространственного положения зон фиксации [2, 11].

Особенностью изометрических нагрузок является реализация и восстановление статических стереотипов межмышечной координации, но для восстановления скоростных силовых и координационных показателей опорно-двигательного аппарата, по мере восстановления, их необходимо дополнять динамическими упражнениями. Однако возможность высокой активации мышечных волокон в безопасном изометрическом режиме диктует необходимость дальнейшего изучения выгодных биомеханических свойств данного типа упражнений [12, 13].

Цель исследования — оценка эффективности разработанного алгоритмизированного протокола применения изометрических упражнений в восстановительном лечении высококвалифицированных спортсменов с повреждениями хамстринг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено с участием 30 профессиональных спортсменов, в возрасте от 18 до 29 лет (17 мужчин и 13 женщин, средний возраст $22,9 \pm 3,2$ года), имевших острую травму мышц задней поверхности бедра (двуглавая мышца бедра, полусухожильная или полуперепончатая мышца) 2а или 2б степени по классификации повреждений мышц Британской атлетической ассоциации (BAMIC) [17], подтвержденную магнитно-резонансной томографией (МРТ), проходивших лечение в ФГБУ НЦСМ ФМБА России.

Критерии включения спортсменов в исследование:

- возраст от 18 до 29 лет;
- профессиональные спортсмены (участники соревнований национального или международного уровня, имеющие спортивный разряд не ниже КМС и выступающие в профессиональных лигах/командах);
- острая травма хамстринг (давность не более 5 дней на момент начала лечения);
- клинично-инструментальное подтверждение травмы 2а (миофасциальное поражение) или 2б (поражение мышечно-сухожильного перехода) степени по классификации мышечных повреждений BAMIC [17];
- согласие на участие в исследовании и готовность соблюдать протокол.

Критерии исключения спортсменов из исследования:

- травма 2с степени (умеренное внутрисухожильное повреждение) 1, 3, 4-й степени по BAMIC;
- давность травмы более 5 дней; хронические или повторные травмы хамстринг;
- возраст, не соответствующий критериям включения (≤ 18 и ≥ 30 лет);
- отсутствие спортивной квалификации;
- сопутствующие повреждения (разрыв связок коленного или тазобедренного сустава, переломы, повреждения других мышц и т.д.);
- наличие системных заболеваний, влияющих на процессы регенерации тканей;
- отказ от участия или несоблюдение протокола восстановительного лечения.

В данном исследовании для оценки эффективности использованного метода оценивалось время возвращения к спортивным тренировочным нагрузкам. По этой причине в качестве ключевых ориентиров были выбраны критерии, позволяющие комплексно и безопасно подтвердить готовность атлета к исходному уровню активности: безболезненный бег на максимальной скорости, в том числе со сменой направлений; показатели силового изокинетического тестирования мышц группы хамстринг, квадрицепса и ягодичных мышц не менее 80% от противоположной ноги без боли; прыжковые тесты не менее 80% от противоположной стороны без боли; восстановление симметрии показателей стабильности (СПС) (симметрия

по данным Y-теста не менее 90%, стойка на одной ноге более 30 с, антиротационный жим Паллофа — удержание более 30 с, ягодичный мост на одной ноге с маршем более 30 с); тестовая оценка спортсменом своей полной готовности к спортивным нагрузкам (по опросникам TSK-11, I-PRRS, SCI и др.)

Для распределения спортсменов на группы применялась блочная рандомизация. Размер блока составлял 6 участников (по 3 человека в каждую группу). Данный метод был выбран в связи с проспективным характером исследования и постепенным поступлением пациентов в течение нескольких лет, что требовало поддержания приблизительного равенства групп на всем протяжении набора. Последовательность блоков была заранее сгенерирована с помощью генератора случайных чисел¹. Каждый новый спортсмен, соответствующий критериям включения в исследование, последовательно распределялся в группу согласно следующей позиции в текущем блоке. После заполнения блока автоматически начинался новый. Такой подход позволил обеспечить сбалансированное распределение участников между группами независимо от времени их поступления и минимизировать риск систематической ошибки отбора.

Спортсмены были разделены на две группы наблюдения:

- группа 1 (группа сравнения; 9 мужчин и 6 женщин; средний возраст $22,9 \pm 3,3$ года; значение критерия Шапиро — Уилка — 0,796 (нормальное распределение)), $n = 15$ — спортсмены, получавшие базовый протокол восстановительного лечения [11, 14–16];
- группа 2 (фокусная группа; 8 мужчин и 7 женщин; средний возраст $23,0 \pm 3,4$ года; значение критерия Шапиро — Уилка — 0,778 (нормальное распределение)) — базовый протокол лечения + изокинетическая тренировка с максимальными нагрузками в эффективных углах при условии уверенного контроля боли.

Распределение спортсменов по индексу массы тела (ИМТ) было сопоставимым в обеих группах и находилось в диапазоне 19,6–24,7 кг/м² (средний ИМТ $22,2 \pm 1,4$ кг/м²), что соответствует нормальным значениям для спортсменов скоростно-силовых видов. Средний ИМТ в группе 1 составил $22,1 \pm 1,3$ кг/м² (критерий Шапиро — Уилка = 0,553, нормальное распределение), в группе 2 — $22,3 \pm 1,5$ кг/м² (критерий

Шапиро — Уилка = 0,894, нормальное распределение). Статистически значимых различий по данному показателю между группами не выявлено ($p = 0,77$). Сопоставимость групп по ИМТ имела важное значение, поскольку данный показатель напрямую влияет на величину механической нагрузки на мышцы задней поверхности бедра при беговых и прыжковых движениях, а также на биомеханику нижней конечности в целом. Таким образом, сопоставимость групп по ИМТ позволила минимизировать влияние данного конфаундера и повысить достоверность оценки эффективности изометрического протокола. Обобщенные характеристики групп представлены в таблице.

Сравнение распределения спортсменов по полу между группами проводилось с помощью точного теста Фишера. Статистически значимых различий по данному признаку между основной и контрольной группами выявлено не было ($p = 0,5$). Сравнимые группы не имели статистически значимых различий по возрасту ($p = 0,91$). В обеих группах наблюдались спортсмены, занимающиеся различными видами спорта (футбол, легкая атлетика спринтерские дисциплины, регби, американский футбол) были сопоставимы по уровню спортивной квалификации и времени, прошедшему от момента травмы до начала лечения.

В отечественных клинических рекомендациях «Закрытые повреждения мягких тканей конечностей»² отсутствует этапный протокол лечения травм МЗПБ, применимый для восстановления профессиональных спортсменов. По этой причине нами был разработан критериально-ориентированный поэтапный протокол восстановления, включающий все необходимые типы физических нагрузок, основанный на результатах наиболее значимых в области доказательной спортивной медицины отдельных видов упражнений и комплексных протоколов восстановительного лечения: POLICE, PEACE & LOVE, L-протокол Асклинга (L-протокол), упражнение Nordic Hamstring (NH), Aspetar Hamstring Protocol, London International Consensus on Hamstring Injury [11, 14–16]. Протокол делится на 3 этапа: острый период (воспалительная фаза), подострый период (регенеративная фаза) и функциональный период (ремоделирующая фаза).

В рамках поиска новых эффективных методов восстановления после травм хамстринг нами разработан и применяется алгоритмизированный

Таблица. Сопоставимость исследуемых групп ($M \pm SD$)

Показатель	Группа 1 (сравнения) $n = 15$	Группа 2 (фокусная) $n = 15$	Уровень значимости, p
Возраст, годы	$22,9 \pm 3,3$	$23,0 \pm 3,4$	0,91
Индекс массы тела, кг/м ²	$22,1 \pm 1,3$	$22,3 \pm 1,5$	0,77
Мужчины, абс. ч. (%)	9 (60)	8 (53,3)	0,5
Женщины, абс. ч. (%)	6 (40)	7 (46,7)	

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. $M \pm SD$ — среднее арифметическое значение и стандартное отклонение; n — количество спортсменов в группе.

¹ RANDOM.ORG. True Random Number Service. URL: <https://www.random.org/>
² Клинические рекомендации «Закрытые повреждения мягких тканей конечностей» (одобренны Минздравом России). Министерство здравоохранения Российской Федерации. 2024. URL: <https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-zakrytye-povrezhdeniya-mjagkikh-tkaney-konechnostei-odobrenny-minzdravom/>

индивидуализированный протокол, использующий градуированно возрастающие изометрические нагрузки с обязательным регулярным определением наиболее эффективных положений коленного и тазобедренного сустава, в которых сила сокращения хамстринг максимальна при условии уверенного контроля боли. На основании современных мировых исследований наиболее эффективными для восстановления в подостром и функциональном периодах восстановления считаются нагрузки с порогом боли до 2–3 баллов по 10-балльной ВАШ [8, 11]. С учетом наименьшей травматичности изометрического типа нагрузок среди всех остальных за пороговое болевое значение в рамках данного исследования принят уровень боли при данном типе упражнений в 3 балла по ВАШ.

В связи с характером вмешательства (дополнительные изометрические упражнения в фокусной группе) ослепление участников исследования и исследователей, непосредственно проводивших занятия, не проводили. Ослепление при оценке основных исходов (изокинетическое тестирование) также не применялось, поскольку все измерения выполнены одним и тем же сертифицированным специалистом.

Один раз в неделю спортсмены фокусной группы выполняли серию максимальных изометрических сокращений хамстринг под контролем боли в различных положениях коленного и тазобедренного суставов, при которых регистрировали развиваемую силу. Наиболее выгодное положение сгибания в коленном суставе определяли последовательно тестами на углах 10, 30, 50, 70 и 90°. При определении оптимального угла в тазобедренном суставе использовано 2 положения: лежа на животе — угол сгибания 0° и сидя в кресле — угол сгибания 80°. Таким образом, выбирали углы, в которых спортсмен мог развить максимально возможное усилие при соблюдении установленного болевого порога. Именно в этих углах выполнялись последующие изометрические максимальные сокращения на наиболее эффективных углах в пределах болевого порога (≤ 3 балла по 10-балльной ВАШ) 3 подхода 10–15 максимальных сокращений по 10–30 с по мере прогресса восстановления. Упражнения выполнялись 5 раз в неделю. Пауза между повторами — 30 с (рис. 1).

Приверженность протоколу в фокусной группе контролировали через ведение тренировочных дневников и еженедельный очный контроль специалистом.

Определение оптимальных углов осуществлялось с помощью роботизированного комплекса Contrex (Physio SA, Швейцария). Применение подобной роботизированной изокинетической системы при проведении исследований, по сравнению с ручным динамометром обладает рядом преимуществ: высокая точность и воспроизводимость позиционирования в тазобедренном и коленном суставах (с точностью до 1°), исключение влияния силы и усталости исследователя, гарантируя объективность и стандартизацию измерений при работе с высококвалифицированными спортсменами, обладающими значительной мышечной силой, возможность в реальном времени строить полную кривую зависимости «угол — крутящий момент» по всей доступной амплитуде движения, что дает возможность точно идентифицировать наиболее эффективные углы изометрической нагрузки в каждой конкретной сессии

восстановительного лечения, наличие мгновенной обратной связи и возможности автоматического ограничения нагрузки существенно повышает безопасность процедуры при работе вблизи болевого порога (≤ 3 балла по ВАШ), регулируемый стол-кресло с упорами для конечностей и эргономичные фиксаторы туловища и конечностей.

У всех спортсменов проведено этапное изокинетическое тестирование силовых показателей хамстринг под контролем боли в пределах 2–3 баллов по ВАШ в эксцентрическом режиме с угловой скоростью 60°/с в положении сидя. В рамках данной работы оценивали результаты тестирования через 3, 4 и 5 недель от момента получения травмы. Спортсмены, закончившие лечение ранее, проходили повторное тестирование, уже будучи допущенными к спорту. У части спортсменов, продолживших лечение более 5 недель, проводилось дальнейшее этапное тестирование. Нами приведены данные тестирования только до 5-й недели, т.к. после этого срока в силу разъездного характера тренировочной и соревновательной деятельности часть спортсменов, допущенных к спорту ранее, уже находились в других регионах страны и не могли принять участие в дальнейшем тестировании.

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета программного обеспечения IBM SPSS Statistics 27. Межгрупповые различия оценивали с помощью независимого *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимых различий между группами по исходным характеристикам не выявлено ($p > 0,05$). Лечение проводили под контролем сертифицированных специалистов по восстановительному

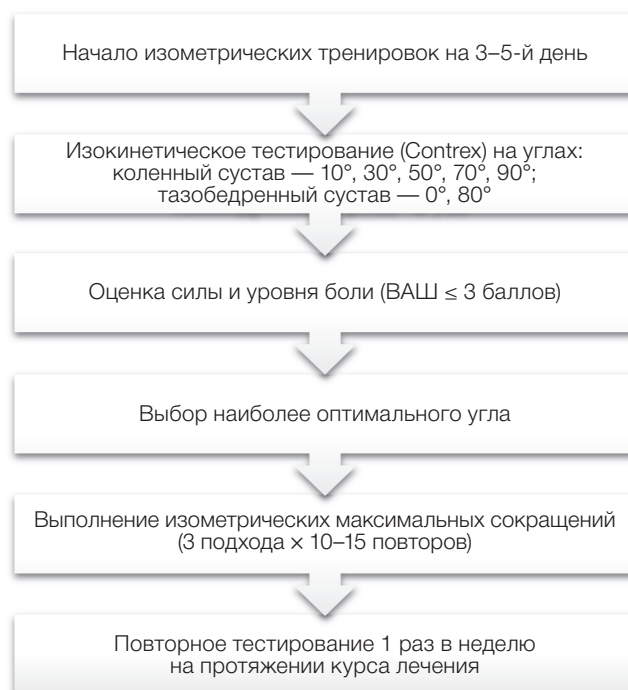


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Алгоритм определения оптимальных углов для индивидуализированных изометрических нагрузок с использованием изокинетического комплекса Contrex

лечению (травматолог-ортопед, врач ЛФК, инструктор-методист ЛФК) с использованием современного оборудования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения исследования при оценке времени возврата к тренировочной деятельности (время возврата в спорт) установлено статистически значимое межгрупповое различие показателя ($t = -2,553$; $p = 0,016$). Так, в фокусной группе спортсменов, которые дополнительно проходили изокинетические тренировки, отмечено статистически значимое сокращение времени возврата к стандартному тренировочному процессу $27,87 \pm 4,78$ дня против $32,53 \pm 5,22$ дня ($p = 0,016$). Средняя разность времени составила 4,67 дня (95% ДИ: -8,41...-0,92); размер эффекта соответствовал большому (d Коэна = 0,93). Во всех случаях тест Левена на равенство дисперсий не выявил статистически значимых различий между группами ($p > 0,05$) по всем изучаемым показателям, в связи с чем использовался вариант анализа, предполагающий равенство дисперсий.

Динамику восстановления силовых показателей хамстринг оценивали по величине соотношения крутящего момента на третьей, четвертой и пятой неделях от травмы на стороне повреждения с контралатеральной стороной при изокинетическом тестировании в эксцентрическом режиме с угловой скоростью 60°/с с использованием роботизированного комплекса Contrex. Нагрузочное силовое тестирование проводилось с 3-й недели от момента травмы, так как на более ранних сроках для большинства спортсменов проведение силового изометрического тестирования малоинформативно из-за сложности в контроле болевого порога.

Установлено, что отношение пикового крутящего момента травмированной ноги к здоровой

имело статистически значимые межгрупповые различия на всех этапах наблюдения в пользу фокусной группы (рис. 2). Так, на 3-й неделе с момента травмы данный показатель составил $74,40 \pm 5,32\%$ в фокусной группе против $67,53 \pm 6,29\%$ в группе сравнения ($t = 3,230$, $p = 0,003$); средняя межгрупповая разность составила 6,87% (95% ДИ: 2,51–11,22), а размер эффекта оценивался как большой (d Коэна = 1,18). На 4-й неделе отношение пикового крутящего момента составляло $82,47 \pm 4,73\%$ против $76,87 \pm 5,41\%$ ($t = 3,017$, $p = 0,005$); средняя разность — 5,60% (95% ДИ: 1,80–9,40); размер эффекта — большой (d Коэна = 1,10). На 5-й неделе: $87,93 \pm 3,56\%$ против $82,60 \pm 3,52\%$ ($t = 4,128$, $p < 0,001$); средняя разность — 5,33% (95% ДИ: 2,69–7,98); размер эффекта — большой (d Коэна = 1,51).

Полученные результаты согласуются с данными других исследований, подтверждающих эффективность изометрических нагрузок при реабилитации травм хамстринг [1, 8, 11, 15]. Однако в большинстве предыдущих работ изометрические упражнения выполнялись в фиксированных стандартных углах без индивидуального подбора оптимальных позиций [1, 5, 14–16]. Настоящее исследование восполняет этот пробел, демонстрируя преимущества индивидуального подбора оптимальных углов для изометрических упражнений.

В настоящем исследовании для фокусной группы применен алгоритм индивидуального подбора оптимальных углов коленного и тазобедренного суставов, что позволило выполнять изометрические сокращения в наиболее эффективных для каждого спортсмена позициях при контроле боли, что, вероятно, способствовало лучшим результатам по времени возврата в спорт и восстановлению силовых показателей.

Исследование имело определенные ограничения: относительно небольшой объем выборки ($n = 30$), отсутствие долгосрочного наблюдения за рецидивами травм после возвращения в спорт, а также включение в исследование только спортсменов с повреждениями мышц задней поверхности бедра 2а и 2б степени по классификации BAMIC. Дальнейшие исследования с большим объемом выборки и длительным периодом наблюдения позволяют уточнить и расширить полученные данные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали, что добавление алгоритмизированных изометрических упражнений в состав критериально-ориентированного протокола способствует статистически значимому ускорению восстановления силовой симметрии нижних конечностей на всех этапах наблюдения (с 3-й по 5-ю неделю) и сокращению времени возвращения спортсменов к спортивной деятельности. Спортсмены фокусной группы продемонстрировали более высокие показатели отношения пикового крутящего момента больной ноги к здоровой и вернулись в спорт в среднем на 4,7 дня быстрее по сравнению с группой сравнения.

Разработанный в Национальном центре спортивной медицины этапный критериально-ориентированный протокол, включающий алгоритмизированные

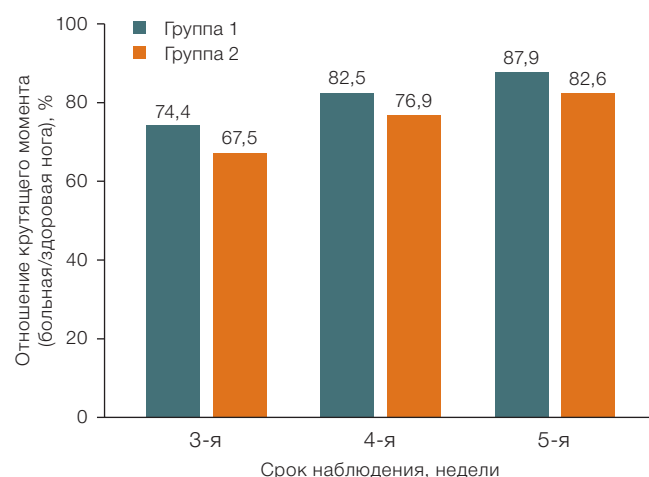


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Динамика восстановления пикового крутящего момента поврежденной конечности относительно здоровой в процессе реабилитации (изокинетическое тестирование, 60°/с, эксцентрический режим). Группа 1 — фокусная группа, группа 2 — группа сравнения; представлены статистически значимые данные $p \leq 0,005$

изометрические тренировки, дополняет стандартный восстановительный протокол и адаптирован к потребностям высококвалифицированных спортсменов.

Особенностью предложенной методики является ее универсальность: изометрические максимальные сокращения применяются по единому принципу на всех этапах лечебного процесса. Меняется только положение конечности и величина внешнего сопротивления (в зависимости от текущих возможностей спортсмена), но сам принцип — «максимальное усилие при строгом контроле боли» — остается неизменным. Еще одним преимуществом данной методики является максимальная простота в использовании. Для тестирования не обязательна сложная аппаратура, достаточно механического динамометра. Данные условия помогают непрерывно поддерживать высокий уровень нейромышечной активации, предотвращать атрофию, восстанавливать мышечную массу и силу, а также постепенно расширять безболезненный диапазон

движений. Добавление данной методики к созданному нами критерийориентированному поэтапному протоколу восстановления позволяет, с одной стороны, сохранить все преимущества использованных в нем доказательных восстановительных подходов, а с другой — усилить нейромышечный компонент восстановления, что, как предполагается, приведет к более качественному и стабильному функциональному исходу у спортсменов с травмами МЗПБ различной степени тяжести.

Дальнейшие проспективные рандомизированные исследования с большим объемом выборок помогут более точно определить оптимальные параметры изометрической нагрузки и ее место в структуре современных восстановительных протоколов.

Результаты исследования могут быть использованы в практической деятельности врачей спортивной медицины, врачей лечебной физкультуры и травматологов для оптимизации программ восстановления после травм МЗПБ.

Литература / References

1. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2010;40(2):67–81. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3047>
2. Mendiguchia J, Brughelli M. A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*. 2011;12(1):2–14. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.07.003>
3. Danielsson A, Horvath A, Senorski C, Alentorn-Geli E, Garrett WE, Cugat R, et al. The mechanism of hamstring injuries — a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2020;21:641. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03658-8>
4. Gudelis M, Pruna R, Trujillano J, Lundblad M, Khodaei M. Epidemiology of hamstring injuries in 538 cases from an FC Barcelona multi sports club. *The Physician and Sportsmedicine*. 2024;52(1):57–64. <https://doi.org/10.1080/00913847.2023.2170684>
5. Heer ST, Callander JW, Kraeutler MJ, Mei-Dan O, Mulcahey MK. Hamstring injuries: Risk factors, treatment, and rehabilitation. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2019;101(9):843–53. <https://doi.org/10.2106/JBJS.18.00261>
6. Ma K. Prevention and treatment of hamstring injuries. *Theoretical and Natural Science*. 2025;128:142–7. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/2025.AU26749>
7. Perna P, Kerin F, MacDonald B, Jokela A, Lempainen L, Beato M. Return-to-Play criteria following a hamstring injury in professional soccer: Time for a tailor-made approach. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2025;21(6):773–7. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2025-0216>
8. Chu SK, Rho ME. Hamstring injuries in the athlete: Diagnosis, treatment, and return to play. *Current Sports Medicine Reports*. 2016;15(3):184–90. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000264>
9. Agostini F, de Sire A, Finamore N, Savina A, Sveva V, Fisicaro A, et al. Rehabilitative good practices in the treatment of patients with muscle injuries. *Journal of Clinical Medicine*. 2025;14(15):53–5. <https://doi.org/10.3390/jcm14155355>
10. Van Hooren B, Bosch F. Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? Part II: Implications for exercise. *Journal of Sports Sciences*. 2017;35(23):2322–33. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1266019>
11. Abdulridha KH, Maseer MJ, Cuenca-Zaldivar JN, Aguilar-Latorre A, Calatayud E, Gómez-Soria I. Comparative effectiveness of rehabilitation protocols for hamstring injuries: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Bodywork and Movement Therapy*. 2025;44:820–32. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2025.06.030>
12. Koźlenia D, Domaradzki J. The effectiveness of isometric protocols using an external load or voluntary effort on jump height enhancement in trained females. *Scientific Reports*. 2023;13(1):13535. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40912-0>
13. Clifford C, Challoumas D, Paul L, Syme G, Millar NL. Effectiveness of isometric exercise in the management of tendinopathy: a systematic review and meta-analysis of randomised trials. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2020;6(1):e000760. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000760>
14. Valle X, Tol JL, Hamilton B, Rodas G, Malliaras P, Malliaropoulos N, et al. Hamstring muscle injuries, a rehabilitation protocol purpose. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2015;6(4):e25411. <https://doi.org/10.5812/asjms.25411>
15. Erickson LN, Sherry MA. Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *Journal of Sport and Health Science*. 2017;6(3):262–70. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>
16. Simpson D, Wallace S, King E, McKeever H, Whiteley R. The Aspetar hamstring injury rehabilitation pathway. *JOSPT Open*. 2026;4(3):340–53. <https://doi.org/10.2519/josptopen.2026.0213>
17. Binkert OA, Pfirrmann CWA, Fierstra S, Higashigaito K, Rosskopf AB. Classification systems for assessing acute muscle injuries: a retrospective comparison of inter-reader agreements. *Skeletal Radiology*. 2026;55:191–203. <https://doi.org/10.1007/s00256-025-04988-1>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад в подготовку статьи распределен следующим образом: М.А. Попогребский — идея и концепция исследования, разработка алгоритма индивидуализированных изометрических нагрузок, планирование и организация исследования, сбор и анализ клинического материала, статистическая обработка данных, написание основного текста рукописи, подготовка иллюстративного материала, формулирование выводов, редактирование и утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей работы; В.В. Кармазин — участие в разработке протокола реабилитации, клиническое обследование пациентов, сбор первичных данных, анализ литературных источников, участие в написании разделов «Материалы и методы» и «Результаты», участие в редактировании текста; Д.Ф. Горлов — участие в клиническом обследовании и лечении спортсменов, сбор клинических данных, помощь в статистической обработке, подготовка материала для таблиц; А.А. Горохов — участие в клиническом обследовании спортсменов, сбор и первичная обработка данных, техническая поддержка исследования; С.А. Парастаев — научное руководство исследованием, общая концепция и дизайн исследования, критический анализ материалов, редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Об авторах:

Попогребский Максим Александрович, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6997-5876>

Кармазин Валерий Вячеславович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1971-4420>

Горлов Данил Федорович, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9586-8088>

Горохов Артем Антонович, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2249-2582>

Парастаев Сергей Андреевич, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-459>

УДК 612.017:612.112.9:612.014.43:616-002



БИОМАРКЕРЫ СИСТЕМНОГО ВОСПАЛЕНИЯ КАК КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА ПРИ ОБЩЕМ ХОЛОДОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В.П. Патракеева✉, В.А. Штаборов

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск, Россия

Введение. Комплекс неблагоприятных природно-климатических факторов на Севере, создавая дискомфортную среду обитания, формирует выраженное напряжение иммунных реакций, обеспечивающих гомеостаз. Определение типа адаптационной реакции и уровня реактивности позволяет диагностировать функциональное состояние организма и прогнозировать варианты реагирования на факторы окружающей среды.

Цель. Определение уровней биомаркеров общего воспаления, рассчитываемых на основе данных общего анализа крови, для оценки напряжения и срыва процесса адаптации.

Материалы и методы. Обследовано 178 практически здоровых добровольцев (136 женщин и 42 мужчины; средний возраст $31,17 \pm 0,85$ года). Оценка состояния адаптации организма проведена при анализе лейкограмм. Типы неспецифических адаптационных реакций организма, уровни реактивности организма, состояние адаптации определяли по методике Л.Х. Гаркави. В соответствии с ней все испытуемые были разделены на группы: «физиологическая норма» (группа 1) — 68 женщин и 23 мужчины, средний возраст $31,59 \pm 1,29$ года; «напряжение механизмов адаптации» (группа 2) — 50 женщин и 10 мужчин, средний возраст $31,21 \pm 1,15$ года; «срыв процесса адаптации» (группа 3) — 18 женщин и 9 мужчин, средний возраст $28,17 \pm 2,51$ года. Моделирование общего кратковременного охлаждения проведено однократно в климатической камере (УШЗ-25Н, Россия), в которой испытуемые находились в хлопковой одежде под постоянным видеонаблюдением в течение 5 мин при температуре атмосферного воздуха -25°C . Гематологические исследования выполнены на анализаторе XS-500i. Методом ИФА определено содержание катехоламинов, кортизола, PPAR γ C1 α , HIF-1 α , SIRT3, BPI. Апоптоз и некроз лимфоцитов определяли методом двойного окрашивания AnV/PI. Количественное содержание АТФ определяли при помощи люциферин-люциферазного метода. Рассчитаны индексы системного воспаления: SIRI, SII, AISI. Результаты исследования обработаны с использованием StatTech v.4.9.2, Statistica 6.0.

Результаты. В группе «физиологическая норма» повышение числа лейкоцитов, усиление миграционной активности клеток и митохондриального энергообеспечения их функциональной активности свидетельствовало о высокой неспецифической резистентности и отсутствии стрессового влияния данного варианта холодового воздействия. При «напряжении механизмов адаптации» регистрировали наиболее быстрые реакции со стороны сердечно-сосудистой системы, направленные на сохранение температурного гомеостаза, с повышением уровней катехоламинов, усилением рециркуляции и миграции лейкоцитов, что позволяло организму быстро реагировать на кратковременное влияние стрессовых факторов. При «срыве процесса адаптации» фоновое напряжение активности регуляторных систем даже при однократном кратковременном охлаждении не приводило к включению механизмов эффективной терморегуляции, при этом миграционная активность лейкоцитов была замедлена, что значительно повышало риск дезадаптационных и провоспалительных реакций. Установлено, что SIRI, SII, AISI являются значимыми критериями риска напряжения адаптации при уровне $\text{SIRI} \geq 0,97$, $\text{SII} \geq 447,43$, $\text{AISi} \geq 216,24$ и ее срыва при значениях индексов $\geq 1,23$, $\geq 449,76$, $\geq 239,58$ соответственно.

Выводы. «Напряжение механизмов адаптации» и «срыв процесса адаптации» характеризуются изменением клеточных и гуморальных показателей периферической крови еще до клинического проявления заболевания и могут усиливаться при дополнительном воздействии негативных факторов, даже если их влияние кратковременно. Фоновые индексы общего воспаления SII, SIRI, AISI являются значимыми предикторами при оценке «напряжения механизмов адаптации» и «срыва процесса адаптации». Использование данных индексов, рассчитываемых по результатам общего анализа крови, позволит оценивать наличие исходного дисбаланса в механизмах адаптации организма, которые могут в дальнейшем усилиться при воздействии стрессовых факторов.

Ключевые слова: напряжение; адаптация; неспецифическая резистентность; реактивность; общее охлаждение; биомаркеры; индекс системного воспалительного ответа; индекс системного воспаления; совокупный индекс системного воспаления

Для цитирования: Патракеева В.П., Штаборов В.А. Биомаркеры системного воспаления как критерии оценки адаптационных возможностей организма при общем холодовом воздействии. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):443–454. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-459>

Финансирование. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований Института физиологии природных адаптаций ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, госрегистрация № 125021902586-9.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН (протокол № 001-20/01 от 20.01.2025). Все испытуемые подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Патракеева Вероника Павловна patrakeewa.veronika@yandex.ru

Статья поступила: 04.02.2026 **После доработки:** 09.04.2026 **Принята к публикации:** 14.04.2026 **Online first:** 05.08.2026

BIOMARKERS OF SYSTEMIC INFLAMMATION AS EVALUATION CRITERIA FOR THE BODY'S ADAPTIVE CAPABILITIES UNDER WHOLE-BODY COLD EXPOSURE

Veronika P. Patrakeeva[✉], Vyacheslav A. Shtaborov

Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

Introduction. The complex of unfavorable natural and climatic factors in the North, creating a stressful living environment, induces a pronounced tension in the immune responses that maintain homeostasis. Determining the type of adaptation reaction and the level of reactivity makes it possible to diagnose the functional state of the body and predict its response patterns to environmental factors.

Objective. Determination of systemic inflammation biomarker levels, calculated based on complete blood count data, for assessing the stress and failure of the adaptation process.

Materials and methods. The study examined 178 practically healthy volunteers (136 women and 42 men; mean age 31.17 ± 0.85 years). The assessment of the body's adaptation state was carried out by analyzing leukograms. The types of non-specific adaptation reactions, levels of body reactivity, and adaptation state were determined according to Garkavi's method. According to this method, all subjects were divided into the following groups: "physiological norm" (group 1) — 68 women and 23 men, mean age 31.59 ± 1.29 years; "adaptation stress" (group 2) — 50 women and 10 men, mean age 31.21 ± 1.15 years; "adaptation failure" (group 3) — 18 women and 9 men, mean age 28.17 ± 2.51 years. General short-term cold exposure was modeled once in a climatic chamber (USHZ-25N, Russia), in which the subjects, dressed in cotton clothing, remained under continuous video observation for 5 min at an ambient air temperature of -25°C . Hematological studies were performed using an XS-500i analyzer. The content of catecholamines, cortisol, PPAR γ C1 α , HIF-1 α , SIRT3, and BPI was determined by ELISA. Lymphocyte apoptosis and necrosis were assessed by double staining with Annexin V and propidium iodide (AnV/PI). The quantitative content of ATP was determined using the luciferin-luciferase method. The following systemic inflammation indices were calculated: systemic immune-inflammation index (SII), systemic inflammation response index (SIRI), and aggregate index of systemic inflammation (AISII). The results were processed using StatTech v.4.9.2 and Statistica 6.0 software.

Results. In the "physiological norm" group, an increase in leukocyte counts, enhanced cell migration activity, and improved mitochondrial energy supply for their functional activity indicated high non-specific resistance and the absence of a stress effect from this type of cold exposure. Under "adaptation stress", the fastest cardiovascular responses aimed at maintaining temperature homeostasis were recorded, accompanied by increased catecholamine levels, enhanced leukocyte recirculation and migration, allowing the body to respond rapidly to short-term stress factors. In the "adaptation failure" group, the baseline tension in the activity of regulatory systems, even after a single short-term cold exposure, did not lead to the activation of effective thermoregulation mechanisms; leukocyte migration activity was slowed, significantly increasing the risk of maladaptive and pro-inflammatory reactions. It was established that SIRI, SII, and AISII are significant risk criteria for adaptation strain at $\text{SIRI} \geq 0.97$, $\text{SII} \geq 447.43$, $\text{AISII} \geq 216.24$, and for adaptation failure at index values of ≥ 1.23 , ≥ 449.76 , and ≥ 239.58 , respectively.

Conclusions. "Adaptation stress" and "adaptation failure" are characterized by changes in cellular and humoral parameters of peripheral blood even before the clinical manifestation of the disease, and these changes may be exacerbated by additional exposure to negative factors, even if their impact is short-term. Baseline systemic inflammation indices (SIRI, SII, AISII) are significant predictors for assessing both "adaptation stress" and "adaptation failure". The use of these indices, calculated from complete blood count results, will make it possible to assess the presence of an initial imbalance in the body's adaptation mechanisms, which may subsequently be aggravated by exposure to stress factors.

Keywords: stress; adaptation; non-specific resistance; reactivity; whole-body cold exposure; biomarkers; systemic inflammation response index, SIRI; systemic immune-inflammation index, SII; aggregate index of systemic inflammation, AISII

For citation: Patrakeeva V.P., Shtaborov V.A. Biomarkers of systemic inflammation as evaluation criteria for the body's adaptive capabilities under whole-body cold exposure. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):443–454. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-459>

Funding. The study was carried out within the framework of the fundamental research program of the Institute of Physiology of Natural Adaptations, FECIAR UrB RAS, state registration No. 125021902586-9.

Compliance with the ethical principles. The study was approved by the Ethics Committee of the FECIAR UrB RAS (Minutes No. 001-20/01 dated 20.01.2025). All participants provided written informed consent to participate in the study.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Veronika P. Patrakeeva patrakeeva.veronika@yandex.ru

Received: 4 Feb. 2026 **Revised:** 9 Apr. 2026 **Accepted:** 14 Apr. 2026 **Online first:** 05.08.2026

ВВЕДЕНИЕ

Комплекс неблагоприятных природно-климатических факторов на Севере, создавая дискомфортную среду обитания, формирует выраженное напряжение иммунных реакций, обеспечивающих гомеостаз. В условиях Крайнего Севера напряжение механизмов адаптации начинается проявляться уже в детском возрасте и характеризуется длительной активацией гуморального звена, в том числе активизацией реагинового механизма защиты с повышением уровней IgE [1].

Сочетание антропогенной нагрузки и дискомфорта климатических условий среды проживания способствуют усилению дисбаланса иммунных

механизмов с формированием специфических вариаций вторичных иммунодефицитов. Стресс является общим адаптационным синдромом и представляет собой совокупность неспецифических реакций организма, при которых происходит мобилизация энергетических и пластических ресурсов для специфической перестройки различных адаптационных систем. В ответ на действие экзогенного или эндогенного стресс-фактора в организме включаются антистрессорные реакции с участием иммунных и эндокринных звеньев адаптации. В соответствии с теорией неспецифических адаптационных реакций Л.Х. Гаркави можно выделить реакции спокойной и повышенной активации, реакции тренировки и стресса, для которых характерно

определенное соотношение лейкоцитов в периферической крови [2]. Неспецифические адаптационные реакции могут быть разного уровня реактивности (высокий, средний, низкий и очень низкий) в соответствии со степенью напряженности адаптации, определяемой по максимальному и минимальному диапазону отклонений содержания клеточных элементов лейкоцитарной формулы. Определение типа реакции и уровня реактивности позволяет диагностировать функциональное состояние организма и прогнозировать варианты реагирования на факторы окружающей среды. Такой подход к оценке неспецифической резистентности прост и информативен, что дает возможность использовать его при изучении структуры здоровья населения, оценке уровня стресса и процесса восстановления, а также эффективности лечения во время реабилитации [3–6].

В оценке состояния здоровья одним из немаловажных моментов, помимо «состояния полного физического, душевного и социального благополучия», является возможность адаптироваться к изменяющимся условиям среды и длительно поддерживать функциональную активность регуляторных систем без срыва компенсаторно-приспособительных реакций, формирования болезни и патологических состояний. Адаптационные возможности организма можно рассматривать как интегральный показатель здоровья. Так, изменение клеточного состава крови, реагирующее на воздействие как внешних, так и внутренних факторов, не проявляется визуально, но отклонение их от нормы приводит к формированию дезадаптационных реакций. При оценке интенсивности воспаления у пациентов с различными заболеваниями, а также при прогнозе лечения и течения заболевания используются индексы воспаления, рассчитываемые на основе данных общего анализа крови: индекс системного воспалительного ответа (systemic inflammation response index, SIRS), индекс системного воспаления (systemic inflammation index, SII), совокупный индекс системного воспаления (aggregate inflammation systemic index, AISI). Это легко поддающиеся определению, экономически эффективные клинические маркеры, которые предоставляют ценную прогностическую и диагностическую информацию, обеспечивают целостный взгляд на воспалительные процессы во всем организме. Повышение маркеров общего воспаления связано с риском осложнений COVID-19, атеросклероза, гипертонии, развития сахарного диабета 2-го типа и других заболеваний [7–15]. Представляет интерес изучить фоновые уровни маркеров общего воспаления у практически здоровых лиц, постоянно проживающих на северных территориях, которые могли бы быть достоверными предикторами формирования напряжения механизмов адаптации и срыва процесса адаптации, в том числе при кратковременном однократном воздействии стрессового фактора.

Цель — определение уровней биомаркеров общего воспаления, рассчитываемых на основе данных общего анализа крови, для оценки напряжения механизмов и срыва процесса адаптации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Всего обследовано 178 практически здоровых добровольцев, из них 42 мужчины и 136 женщин; средний возраст $31,17 \pm 0,85$ года. Все обследованные родились и постоянно проживали на севере европейской части России, на протяжении всего исследования испытуемые не имели острых и обострения хронических заболеваний, ранее и в настоящее время не занимались закаливанием. Исследование проведено в утренние часы с 8 до 10 строго натощак.

Моделирование общего кратковременного охлаждения проведено однократно в климатической камере (УШЗ-25Н, Россия), в которой испытуемые находились в хлопковой одежде под постоянным видеонаблюдением в течение 5 мин при температуре атмосферного воздуха -25°C .

До и сразу после общего охлаждения проводили 3-кратное измерение температуры кожи лба (термометр медицинский бесконтактный инфракрасный GP-300, Китай), изменение системной гемодинамики оценивали по показателям величины артериального давления (систолическое артериальное давление — САД; диастолическое артериальное давление — ДАД) и частоты сердечных сокращений (тонометр Omron M3 Expert, Китай).

Забор крови выполнялся квалифицированным персоналом из локтевой вены в вакуумные пробирки Vacuette с ЭДТА для получения плазмы и проведения гематологических исследований с активатором свертывания крови для получения сыворотки. Сыворотку и плазму отделяли центрифугированием. Образцы однократно замораживали при температуре -20°C .

Для определения типа адаптационной реакции (стресс, тренировка, спокойная и повышенная активация, переактивация) и степени напряженности адаптации (0, I, II, III, IV степеней) по методике Л.Х. Гаркави и в соответствии со «Скрининговыми методами оценки адаптации организма в амбулаторной практике» проведен анализ лейкограммы испытуемых¹. Вначале на основании значения относительного содержания лимфоцитов определяли тип неспецифических адаптационных реакций организма: «стресса» — при содержании лимфоцитов $< 20\%$; «реакции тренировки» (РТ) — $20\text{--}27,5\%$; «спокойной активации» (РСА) — $28\text{--}34\%$; «повышенной активации» (РПА) — $34,5\text{--}44\%$; «переактивации» — более $40\text{--}44\%$. На основании рассчитанных долей моноцитов, эозинофилов, базофилов, палочкоядерных нейтрофилов и общего числа лейкоцитов, учитывая отклонения показателей в пределах нижней или верхней половины диапазона значений, определены уровни реактивности организма (УРО): высокий, средний, низкий и очень низкий. При оценке состояния адаптации выделяли: «физиологическую норму», «напряжение механизмов адаптации», «срыв процесса адаптации». Для этого при каждом типе адаптационной реакции определяли количество лиц с различными уровнями реактивности организма. При типе адаптационной реакции РСА и РПА высокого и среднего УРО, а также РТ высокого УРО состояние адаптации оценивали

¹ Хурса РВ, Еремина НМ, Корзун НН. Скрининговые методы оценки адаптации организма в амбулаторной практике: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ; 2018.

как «физиологическая норма». При типе адаптационной реакции РПА и PCA низкого УРО, РТ среднего УРО и стресс высокого УРО состояние адаптации оценивали как «напряжение механизмов адаптации». При типе адаптационной реакции стресс при среднем и низком УРО, переактивации низкого УРО и всех реакциях очень низких УРО — как «срыв процесса адаптации».

В соответствии с типом адаптационной реакции и напряженностью процесса адаптации испытуемые были разделены на группы: «физиологическая норма» (1-я группа) — 68 (74,73%) женщин и 23 (25,27%) мужчины, средний возраст $31,59 \pm 1,29$ года; «напряжение механизмов адаптации» (2-я группа) — 50 (83,33%) женщин и 10 (16,67%) мужчин, средний возраст $31,21 \pm 1,15$ года; «срыв процесса адаптации» (3-я группа) — 18 (66,66%) женщин и 9 (33,33%) мужчин, средний возраст $28,17 \pm 2,51$ года.

Гематологические исследования проведены на гематологическом анализаторе XS-500i (Sysmex, Япония). В мазках крови, окрашенных по Романовскому – Гимзе, на микроскопе Vision Nema (West Medica, Австрия) при иммерсионном увеличении $\times 40$ изучали лимфоцитогранулу по методу И.А. Кассирского [16] с определением содержания больших (более 12 мкм), средних (от 8 до 12 мкм) и малых (до 8 мкм) лимфоцитов.

Методом иммуноферментного анализа определяли содержание адреналина (IBL, Германия), норадреналина (IBL, Германия), кортизола (DBC, Канада), BPI (Nucult Biotech, Нидерланды). В лизате лимфоцитов определяли концентрации транскрипционного фактора, индуцируемого гипоксией (Hypoxia-Inducible Factor 1-Alpha, HIF-1 α) (Cloud-Clone Corp., США), сиртуина 3 SIRT3 (RayBiotech, США), коактиватора 1-альфа-рецептора, активируемого пролифераторами пероксисом гамма PPAR γ C1 α (Cloud-Clone Corp., США). Оценку результатов проводили на Multiscan FC (Thermo Scientific, США).

Количественное содержание АТФ определяли в 100 мкл лимфоцитарной взвеси с концентрацией 10^6 клеток на 1 мкмоль при помощи люциферин-люциферазного метода. Результаты реакции оценивали на люцинометре ЛЮМ-1 («Люмтек», Россия) с использованием стандартных наборов реактивов «Люмтек».

Фагоцитарную активность нейтрофилов определяли с использованием 1% раствора латексных частиц размером 1,5 мкм («Диаэм», Россия). Для этого к 100 мкл периферической крови добавляли 100 мкл раствора латекса для фагоцитоза, инкубировали в термостате при температуре 37 °C в течение 30 мин. Мазки крови фиксировали по Майн – Грюнвальду и окрашивали по Романовскому – Гимзе. Подсчет фагоцитарной активности осуществляли под микроскопом с увеличением $\times 1000$ (на 100 клеток). Считали процент фагоцитировавших нейтрофилов и среднее число фагоцитированных латексных частиц на одну клетку.

Уровень апоптоза и некроза лимфоцитов определяли на проточном цитофлуориметре Epics XL (Beckman Coulter, США) методом двойного окрашивания аннексином-V (AnV) и пропидиумом йодидом (PI) с учетом не менее 5000 клеток. Оценку результатов проводили по окрашиванию клеток: живые клетки — AnV⁻/PI⁻, ранний апоптоз — AnV⁺/PI⁻, поздний апоптоз — AnV⁺/PI⁺ и некроз — AnV⁻/PI⁺.

Проведен расчет индексов системного воспаления [17–19]:

- индекс системного воспаления (SII) = количество нейтрофилов $\times$ количество тромбоцитов / количество лимфоцитов;
- индекс системного воспалительного ответа (SIRI) = количество нейтрофилов $\times$ количество моноцитов / количество лимфоцитов;
- совокупный системный индекс воспаления (AISI) = количество нейтрофилов $\times$ количество моноцитов $\times$ количество тромбоцитов / количество лимфоцитов.

Результаты исследования обработаны с использованием пакета прикладных программ StatTech v. 4.9.2 (ООО «Статтех», Россия) и Statistica 6.0 (StatSoft, США). Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для оценки полученных данных определяли средние значения (M), стандартное отклонение (SD). При распределении, близком к нормальному, для сравнения результатов вычисляли t -критерий Стьюдента, различия считали значимыми при $p < 0,05$. В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывали с помощью медианы (M_e) и нижнего и верхнего квартилей [Q_1 ; Q_3]. Статистическая значимость различий определялась с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Для оценки динамики изменения уровней показателей были рассчитаны темпы прироста и убыли. Для оценки дискриминационной способности количественных признаков при прогнозировании напряжения механизмов адаптации или срыва процесса адаптации применяли метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первоначально нами были определены типы адаптационной реакции и напряженности процесса адаптации. При анализе лейкограмм данные 51,41% обследованных соответствовали уровню адаптации «физиологическая норма», «напряжение механизмов адаптации» выявлено у 33,80% участников и «срыв процесса адаптации» — у 15,25%.

При исследовании реакции сердечно-сосудистой системы на общее холодное воздействие отмечена компенсаторная вазоконстрикторная реакция, направленная на поддержание температурного гомеостаза, характеризующаяся статистически значимым повышением артериального давления в двух группах: «физиологическая норма» — ДАД с $76,35 \pm 0,83$ до $77,96 \pm 0,97$ мм рт. ст. и САД со $122,68 \pm 1,41$ до $125,59 \pm 1,37$ мм рт. ст.; «напряжение механизмов адаптации» — ДАД с $76,05 \pm 1,07$ до $77,35 \pm 1,24$ мм рт. ст. и САД со $122,27 \pm 1,35$ до $125,26 \pm 1,45$ мм рт. ст. В третьей группе «срыв механизмов адаптации» не было установлено достоверного изменения показателей артериального давления.

Отмечено снижение температуры тела у испытуемых во всех группах наблюдения. Расчет темпа убыли

температуры показал, что самое быстрое изменение происходило при «напряжении механизмов адаптации» — 10,16%, наименьшее — при «срыве процесса адаптации» — 5,74%, при типе адаптационной реакции «физиологическая норма» темп снижения температуры имел пограничное значение и составил — 7,54%.

Таким образом, для группы «физиологическая норма» данный вариант холодовой нагрузки не являлся стрессовым и диапазон адаптивных реакций был небольшим. При «напряжении механизмов адаптации» ответные реакции проявлялись более выражено, при стрессе — замедленно.

Средняя концентрация кортизола в периферической крови у испытуемых из группы 3 («срыв процесса адаптации») была достоверно выше и находилась на верхней границе физиологической нормы — $526,75 \pm 25,48$ нмоль/л (рис. 1). При адаптационной реакции «физиологическая норма» (в группе 1) и «напряжении механизмов адаптации» (в группе 2) уровни кортизола значимо не различались и были достоверно ниже: $317,60 \pm 35,39$ и $314,26 \pm 30,70$ нмоль/л соответственно.

Уровни катехоламинов в исследуемых группах находились в пределах физиологической нормы, но при «напряжении механизмов адаптации» (у испытуемых из группы 2) концентрации адреналина и норадреналина были статистически значимо ниже, что может свидетельствовать об истощении медиаторного звена в условиях хронического стресса (рис. 2).

После кратковременного общего охлаждения соотношение уровней кортизола в группах исследования достоверно не изменялось, но при «срыве процесса адаптации» (у испытуемых из группы 3) сохранялся наиболее высокий его уровень — $415,93 \pm 15,87$ нмоль/л, в группе 2 с «напряжением механизмов адаптации» — $302,53 \pm 28,53$ нмоль/л ($p < 0,001$), у участников из группы 1 с типом адаптации «физиологическая норма» — $330,82 \pm 35,78$ нмоль/л ($p < 0,001$).

В ходе исследования отмечено изменение уровней катехоламинов в ответ на холодовое воздействие. Так, реакция со стороны катехоламинов у испытуемых групп «напряжение механизмов адаптации»

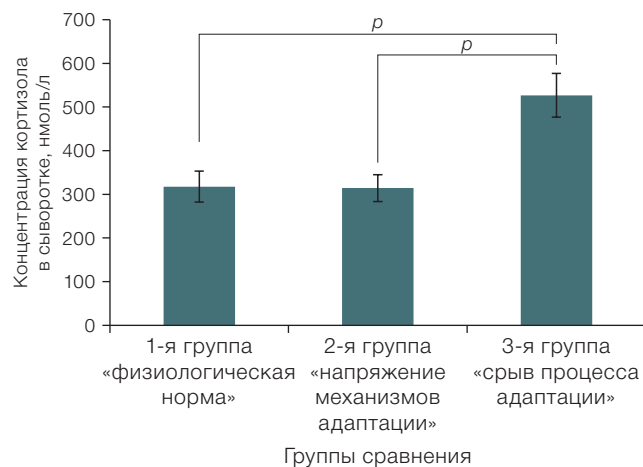


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Фоновая концентрация кортизола в сыворотке крови испытуемых до общего охлаждения

(группа 2) и «срыв процесса адаптации» (группа 3) характеризовалась повышением уровней адреналина (до $45,70 \pm 3,37$ и $61,22 \pm 10,25$ пг/мл соответственно) и норадреналина (до $104,77 \pm 9,05$ и $152,48 \pm 7,67$ пг/мл соответственно), что могло способствовать мобилизации адаптационных систем, изменению гемодинамики, направленных на поддержание гомеостаза в ответ на воздействие внешних стимулов.

В группе участников с типом адаптации «физиологическая норма» в ответ на общее охлаждение отмечали статистически значимое повышение общего пула циркулирующих лимфоцитов в периферической крови с $1,78 [1,40; 2,09]$ до $1,82 [1,47; 2,23] \times 10^9$ кл./л ($p < 0,05$). Для лимфоцитов характерна высокая митохондриальная активность по уровню внутриклеточной концентрации ключевого регулятора контроля количества и биогенеза митохондрий PPAR γ C1 α (гамма-коактиватора 1-альфа рецептора, активирующего пролифератор пероксисом) и наименьшего соотношения Hif1 α /SIRT3, что проявлялось в наработке внутриклеточного АТФ и двукратном повышении уровня АТФ после охлаждения с $1,61 [0,57; 3,03]$ до $3,12 [1,48; 4,16]$ мкмоль/млн кл. ($p < 0,01$) (табл. 1). PPAR γ C1 α участвует в антиоксидантной защите и регулирует генерацию активных форм кислорода митохондриями за счет увеличения экспрессии разобщающих белков UCP2, UCP3, участвуя в процессах терморегуляции [20–22]. Повышение антиоксидантной защиты является необходимым фактором в формировании устойчивой адаптации организма к воздействию низких температур, в том числе в защите мембран клеток от образования белково-липидных сшивок, повышающих их вязкость, что снижает миграционную активность и повышает вероятность гипоксических и хронических инфекционных состояний.

У испытуемых второй группы с «напряжением механизмов адаптации» не регистрировали изменений содержания циркулирующих лимфоцитов, их уровень составил соответственно $1,62 [1,26; 2,28]$ и $1,57 [1,26; 2,03] \times 10^9$ кл./л. При этом содержание внутриклеточной

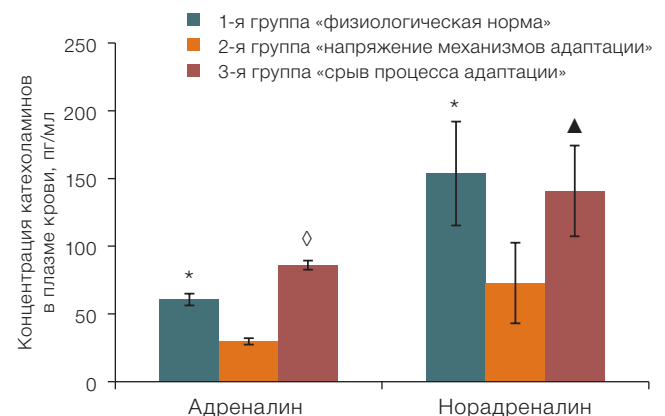


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Фоновые концентрации катехоламинов в плазме крови испытуемых до общего холодового воздействия. * — $p < 0,01$ статистическая значимость различий между 1-й и 2-й группами, статистическая значимость различий между 2-й и 3-й группами; ▲ — $p < 0,01$; ◇ — $p < 0,001$

Таблица 1. Концентрации внутриклеточных маркеров метаболической активности лимфоцитов

Показатель	Группы исследования		
	1-я группа «физиологическая норма»	2-я группа «напряжение механизмов адаптации»	3-я группа «срыв процесса адаптации»
Транскрипционный коактиватор (PPARγC1α), 10 ⁹ кл/л	1,08 ± 0,15	1,33 ± 0,41*	0,97 ± 0,13■
Транскрипционный фактор, индуцируемый гипоксией (Hif1α), 10 ⁹ кл/л	1,86 ± 0,24	1,91 ± 0,10	1,18 ± 0,29 [◊]
Сирутин 3 (SIRT3), 10 ⁹ кл/л	0,42 ± 0,07	0,31 ± 0,06	0,14 ± 0,02 [◊]
Hif1α/SIRT3	4,42	6,16*	8,42 [◊]

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. * — статистическая значимость различий между 1-й и 2-й группами на уровне $p < 0,01$; ■ — достоверность различий между 1-й и 3-й группами на уровне $p < 0,05$, [◊] — $p < 0,01$; данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$).

АТФ статистически значимо снижалось с 1,26 [0,21; 2,07] до 1,04 [0,55; 1,49] ммоль/млн кл. В то же время для данной группы характерна самая высокая концентрация PPARγC1α, что свидетельствует о переключении на преимущественно митохондриальное энергообеспечение клеток. При стрессе митохондриальная активность клеток ниже, происходит смещение метаболической активности в сторону гликолиза и активации индуцируемого гипоксией фактора на фоне снижения уровня лимфоцитов соответственно с 1,67 [1,26; 2,17] до 1,43 [1,14; 2,12] × 10⁹ кл./л ($p < 0,05$). Уровень АТФ в циркулирующих лимфоцитах повышался с 0,96 [0,53; 3,23] до 1,80 [0,66; 2,15] ммоль/млн кл.

Показано, что после общего охлаждения у испытуемых в группе 1 «физиологическая норма» и в группе 2 с «напряжением механизмов адаптации» в структуре лимфоцитограммы регистрировали увеличение числа малых лимфоцитов, темп их прироста составил 4,80 и 20,91% соответственно (рис. 3). При «срыве процесса адаптации» у участников группы 3 содержание малых лимфоцитов значимо не изменялось. Увеличение количества циркулирующих малых лимфоцитов является положительной адаптивной реакцией для поддержания гомеостаза при воздействии низких температур

за счет усиления санации тканей и последующей антигенстимулированной дифференцировки и пролиферации клеток в лимфатических узлах [23].

Уровень некроза лимфоцитов при данном варианте холодового воздействия не изменялся у испытуемых всех исследуемых групп (рис. 4). В первой группе испытуемых при типе адаптационной реакции «физиологическая норма» общее охлаждение значимо не влияло на число лимфоцитов, меченных к апоптозу, как раннему, так и позднему. При «напряжении механизмов адаптации» возрастал уровень позднего апоптоза. При «срыве процесса адаптации» значительно увеличивался процент клеток в раннем апоптозе. Апоптоз как вариант клеточной гибели регулирует клеточный гомеостаз и процессы физиологической регенерации клеток, он может инициироваться как внутренними, так и внешними факторами внеклеточного микроокружения: гипоксия, ишемия/реперфузия, воздействие физических и химических агентов, нарушение сигнального клеточного цикла и др. [24]. В некоторых исследованиях показано, что апоптоз может быть обратим, и выживание или гибель клетки зависят от баланса про- и антиапоптотических стимулов [25–27]. Отмена апоптоза связана с выживанием клетки, ее дифференцировкой

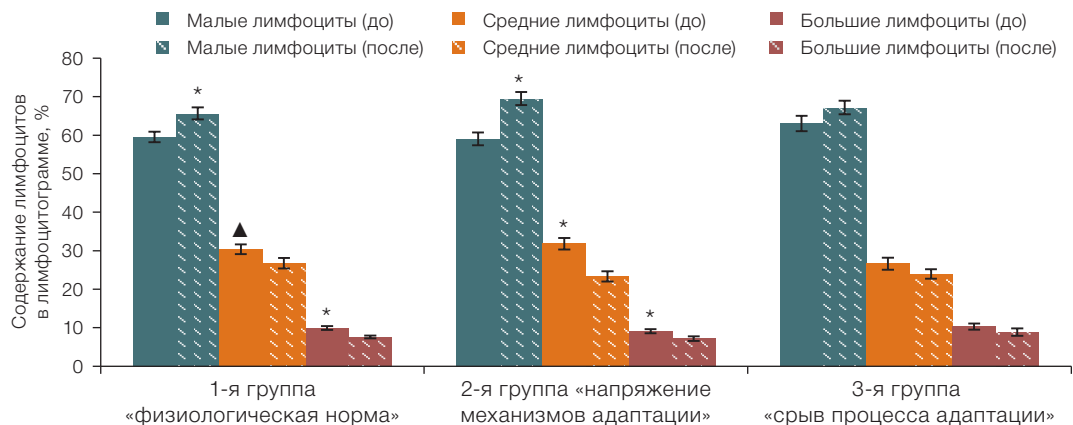


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 3. Структура лимфоцитограммы до и после общего охлаждения в группах сравнения. ▲ — достоверность различий $p < 0,01$; * — достоверность различий $p < 0,001$

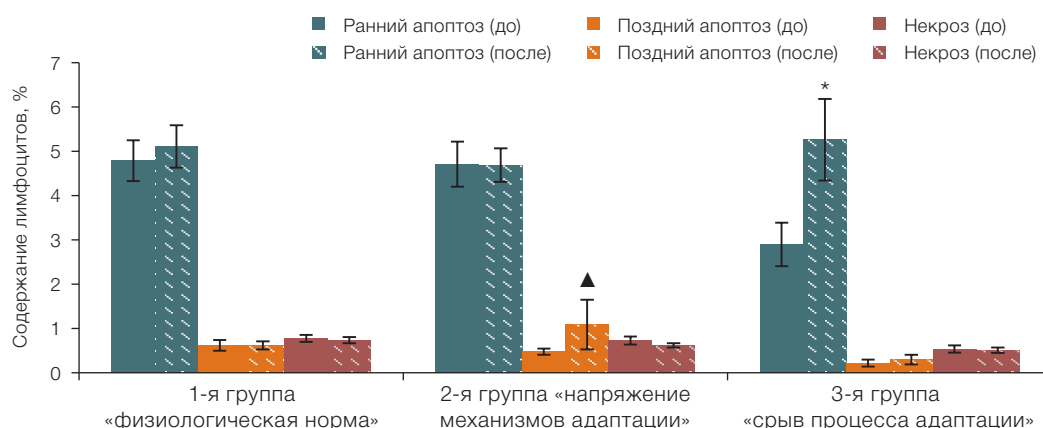


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 4. Уровни некроза и апоптоза лимфоцитов у добровольцев до и после общего охлаждения. ▲ — достоверность различий $p < 0,01$; * — достоверность различий $p < 0,001$

и пролиферацией, что, с одной стороны, служит механизмом восстановления, но также является фактором риска усиления мутагенеза клетки, формирующегося в ответ на воздействие внешних стимулов.

У испытуемых группы 1 с типом адаптационной реакции «физиологическая норма» в ответ на общее охлаждение регистрировали усиление выхода нейтрофилов из депо и увеличение пула циркулирующих нейтрофилов, а также миграцию в ткани с более интенсивным темпом прироста числа в капиллярной крови (табл. 2). Во всех группах не установлено изменений активности фагоцитарных реакций и уровня ВРП — нейтрофильного антимикробного повышающего про- нцаемость белка.

Установлено, что у обследованных из всех групп наблюдения уровни моноцитов были выше в капиллярной крови. После холодового воздействия в группе «физиологическая норма» повышалось число моноцитов как в венозной, так и в капиллярной крови, что свидетельствовало о стимуляции выхода клеток из депо и активизации их миграции в ткани. У испытуемых с «напряжением адаптационных реакций» регистрировали достоверное повышение моноцитов в капиллярной крови, что увеличивало вероятность их дальнейшей миграции в ткани. В группе 3 при «срыве адаптации» миграция моноцитов через мелкие сосуды была замедлена на фоне значительного повышения их уровня в периферической крови, что может

Таблица 2. Показатели фагоцитарной активности нейтрофилов у испытуемых до и после общего охлаждения

Показатель	Группы исследования					
	1-я группа «физиологическая норма»		2-я группа «напряжение механизмов адаптации»		3-я группа «срыв процесса адаптации»	
	воздействие низких температур		воздействие низких температур		воздействие низких температур	
	до	после	до	после	до	после
Процент активных фагоцитов, %	70,00 [60,00; 81,00]	69,50 [60,00; 83,00]	73,50 [59,00; 92,00]	74,00 [65,00; 87,00]	70,00 [60,00; 85,00]	73,00 [52,00; 86,00]
Интенсивность фагоцитоза, частиц/кл.	4,70 [3,47; 5,90]	4,55 [3,56; 6,90]	5,00 [3,64; 6,90]	4,90 [4,00; 6,87]	5,90 [4,50; 9,20]	6,09 [4,95; 9,40]
Бактерицидный белок, повышающий проницаемость (ВРП), пг/мл	0,46 [0,33; 0,55]	0,40 [0,36; 0,53]	0,38 [0,32; 0,51]	0,38 [0,34; 0,52]	0,32 [0,23; 0,48]	0,40 [0,36; 0,53]
Нейтрофилы венозной крови, $\times 10^9$ кл/л	2,84 [2,32; 3,22]	3,06 [2,52; 3,67]*	2,58 [2,15; 3,67]	2,93 [2,15; 3,90]	4,66 [3,19; 6,39]	5,17 [3,58; 6,43]
Нейтрофилы капиллярной крови, $\times 10^9$ кл/л	2,82 [2,18; 3,22]	3,22 [2,60; 3,97]▲	3,10 [2,23; 3,87]	3,50 [2,40; 4,15]	3,62 [2,80; 5,47]	4,84 [3,65; 6,98]

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха $M_e [Q_1; Q_3]$; * — достоверность различий $p < 0,05$; ▲ — достоверность различий $p < 0,001$.

свидетельствовать о повышении активности воспалительных реакций (табл. 3).

Различное исходное состояние организма при кратковременном однократном общем холодовом воздействии характеризуется формированием отличных друг от друга адаптивных перестроек. У испытуемых с типом адаптационной реакции «физиологическая норма» (группа 1) повышение числа лейкоцитов, усиление миграционной активности клеток и митохондриально-энергообеспечения их функциональной активности свидетельствовало о высокой неспецифической резистентности и отсутствии стрессового влияния данного фактора. При «напряжении механизмов адаптации» (группа 2) регистрировали наиболее быстрые ответные реакции со стороны сердечно-сосудистой системы, направленные на сохранение температурного гомеостаза, повышение уровней катехоламинов, усиление рециркуляции и миграции лейкоцитов. Таким образом, фоновое состояние «напряжение механизмов адаптации» позволяет быстро реагировать на кратковременные стрессовые вызовы. При «срыве процесса адаптации» (группа 3) фоновое напряжение активности регуляторных систем даже при однократном кратковременном охлаждении не приводило к включению

механизмов эффективной терморегуляции, при этом миграционная активность лейкоцитов была замедлена, что значительно повышало риск дезадаптационных и провоспалительных реакций.

Представляет интерес определение эффективных маркеров (индексов системного воспаления) для оценки фонового состояния организма, оцениваемого как «напряжение механизмов адаптации» и «срыв процесса адаптации».

Средние значения индексов SIRI, SII и AISI приведены в таблице 4. Установлено, что их уровни при «напряжении механизмов адаптации» и «срыве адаптации» статистически достоверно выше, чем при «физиологической норме».

Для оценки дискриминационной способности индексов воспаления при прогнозировании определенного исхода – «напряжение механизмов адаптации» или «срыв адаптации» — применялся метод анализа ROC-кривых, рассчитаны пороговые значения изучаемых показателей (табл. 5).

Установлено, что индексы системного воспаления являются статистически значимыми предикторами прогнозирования напряжения адаптации, пороговое значение для SIRI в точке cut-off, которому соответствовало

Таблица 3. Уровни моноцитов в периферической венозной и капиллярной крови испытуемых до и после общего охлаждения

Показатель	Группы исследования					
	1-я группа «физиологическая норма»		2-я группа «напряжение механизмов адаптации»		3-я группа «срыв процесса адаптации»	
	воздействие низких температур		воздействие низких температур		воздействие низких температур	
	до	после	до	после	до	после
Моноциты венозной крови, 10 ⁹ кл/л	0,41 [0,30; 0,53]	0,51 [0,41; 0,59]▲	0,48 [0,37; 0,63]	0,52 [0,41; 0,67]	0,46 [0,26; 0,80]	0,68 [0,59; 0,86]*
Моноциты капиллярной крови, 10 ⁹ кл/л	0,46 [0,32; 0,59]	0,56 [0,45; 0,70]▲	0,51 [0,40; 0,60]	0,61 [0,49; 0,49]*	0,64 [0,46; 0,91]	0,71 [0,50; 0,93]

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха $M_e [Q_1; Q_3]$; * — достоверность различий $p < 0,05$; ▲ — достоверность различий $p < 0,001$.

Таблица 4. Индексы системного воспаления в группах сравнения

Индексы	Группы исследования		
	1-я группа «физиологическая норма»	2-я группа «напряжение механизмов адаптации»	3-я группа «срыв процесса адаптации»
SIRI	0,72 [0,58; 0,88]▲	0,94 [0,46; 1,15]	1,94 [1,35; 2,44]■
SII	324,56 [272,68; 423,26]◊	477,83 [407,80; 558,26]	549,05 [491,36; 659,44]*
AISI	156,14 [116,67; 207,99]*	198,74 [118,10; 305,62]	335,69 [288,63; 566,38]■

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха $M_e [Q_1; Q_3]$; достоверность различий 1-й и 2-й групп * — $p < 0,05$, ▲ — $p < 0,01$, ◊ — $p < 0,001$. Достоверность различий 2-й и 3-й групп ◆ — $p < 0,05$, ■ — $p < 0,001$.

Таблица 5. Результаты ROC-анализа

Индексы	Пороговое значение индекса при напряжении механизмов адаптации	AUC	95% ДИ (доверительный интервал)	Пороговое значение индекса при срыве процесса адаптации	AUC	95% ДИ (доверительный интервал)
SIRI	0,966	0,6330	0,526–0,740*	1,231	0,930	0,830–1,000■
SII	447,427	0,816	0,718–0,915■	449,761	0,719	0,537–0,901*
AISI	216,240	0,826	0,680–0,913■	239,580	0,626	0,517–0,735*

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. SIRI — индекс системного воспалительного ответа (systemic inflammation response index); SII — индекс системного воспаления (systemic inflammation index); AISI — совокупный индекс системного воспаления (aggregate inflammation systemic index); AUC — площадь под кривой (area under curve); достоверность различий * — $p < 0,05$, ■ — $p < 0,001$.

наивысшее значение индекса Юдена, составило 0,966, для SII — 447,427 и для AISI — 216,24 напряжение адаптации прогнозировалось при значениях выше данной величины или равном ей (рис. 5).

При оценке дискриминационной способности состояния «срыва адаптации» от SIRI, SII и AISI с помощью ROC-анализа были получены кривые, представленные на рисунке 6. Установлено, что индексы системного воспаления являются статистически значимыми предикторами прогнозирования напряжения адаптации, пороговое значение для SIRI в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 1,231, для SII — 449,761 и для AISI — 239,580; «срыв адаптации» прогнозировался при значениях выше данной величины или равном ей. Полученные данные согласуются с имеющимися в литературе сведениями по оценке данных индексов при различных патологиях, в том числе показано, что пороговые значения $SIRI > 1,05$; $AISI > 248$, $SII \geq 694,3$ связаны с риском сердечно-сосудистой

патологии, атеросклероза, тромбоза и острого коронарного синдрома [28–30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование адаптационных и дезадаптационных реакций в ответ на воздействие факторов внешней среды зависят от фонового уровня медиаторов адаптации и энергообеспеченности иммунокомпетентных клеток. Для группы «физиологическая норма» характерен высокий уровень неспецифической резистентности в ответ на изучаемый в работе вариант холодового влияния.

При «напряжении механизмов адаптации» влияние хронического стресса характеризовалось истощением медиаторного звена и, как следствие, низкими фоновыми концентрациями катехоламинов; после кратковременного холодового воздействия уровни их повышались, что обеспечивало формирование быстрых адаптивных гемодинамических реакций.

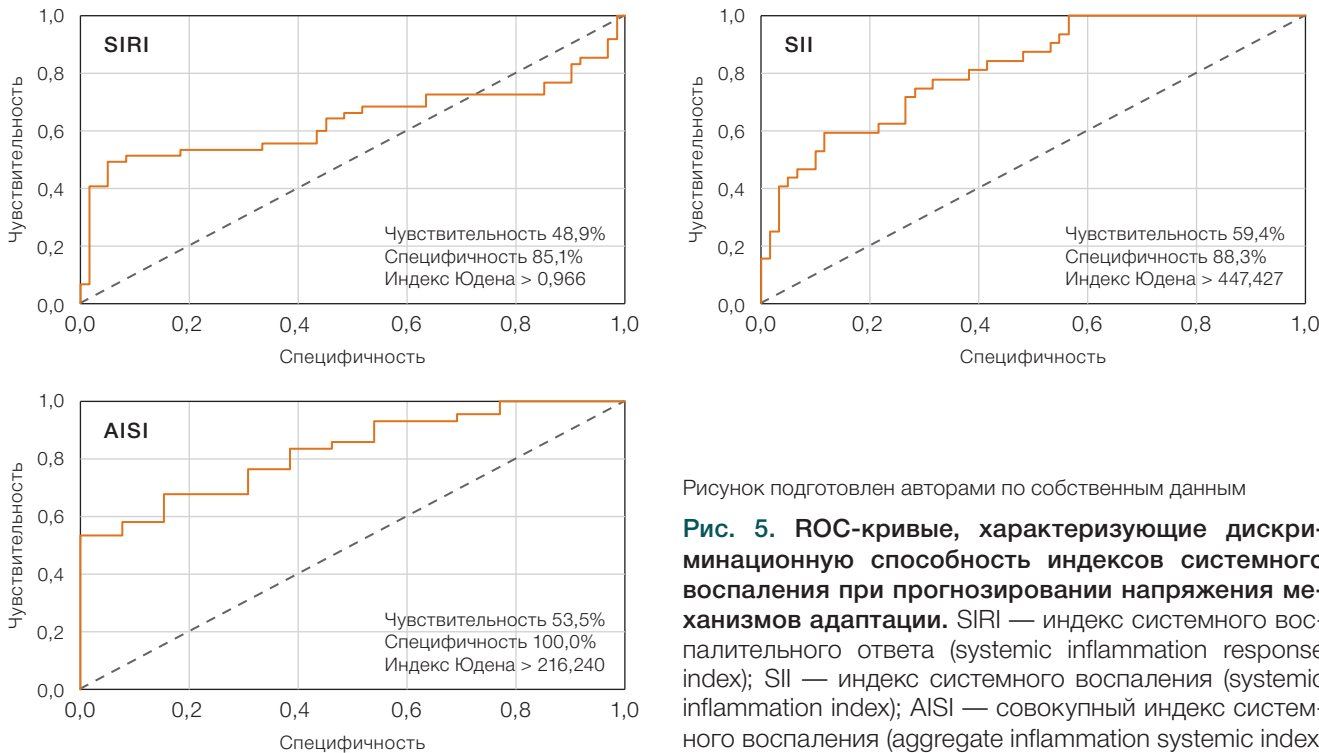


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 5. ROC-кривые, характеризующие дискриминационную способность индексов системного воспаления при прогнозировании напряжения механизмов адаптации. SIRI — индекс системного воспалительного ответа (systemic inflammation response index); SII — индекс системного воспаления (systemic inflammation index); AISI — совокупный индекс системного воспаления (aggregate inflammation systemic index)

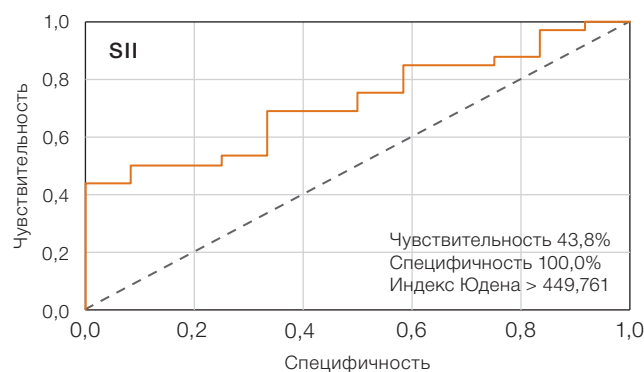
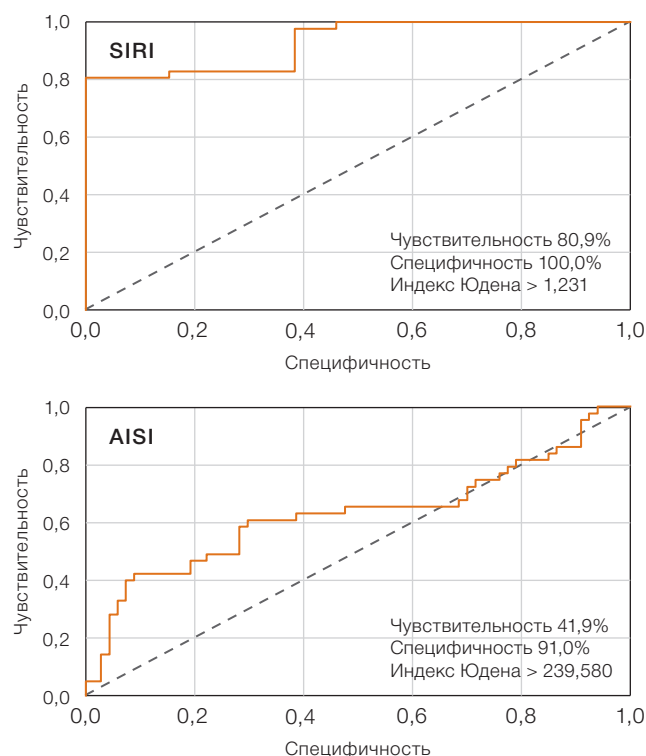


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 6. ROC-кривые, характеризующие дискриминационную способность индексов системного воспаления при прогнозировании срыва процесса адаптации. SIRI — индекс системного воспалительного ответа (systemic inflammation response index); SII — индекс системного воспаления (systemic inflammation index); AISI — совокупный индекс системного воспаления (aggregate inflammation systemic index)

Для лимфоцитов характерна высокая внутриклеточная концентрация ключевого регулятора контроля количества и биогенеза митохондрий PPAR γ C1 α , что свидетельствует о переключении на преимущественно митохондриальное энергообеспечение клеток. В ответ на холодовое воздействие повышалась рециркуляция и миграция лейкоцитов; таким образом, улучшалась санация тканей, последующая антиген-стимулированная дифференцировка и пролиферация лимфоцитов. При этом происходило снижение внутриклеточного уровня АТФ, что отражало повышение активности энергопотребляющих реакций фосфорилирования и синтеза внутриклеточных компонентов. При «срыве процесса адаптации» фоновое напряжение активности регуляторных систем даже при однократном кратковременном холодовом воздействии не приводило к включению механизмов эффективной терморегуляции. Для данной группы характерно высокое фоновое содержание кортизола с одновременным повышением концентрации катехоламинов после общего охлаждения, митохондриальная активность энергообеспечения клеток ниже, смещение метаболической активности происходило в сторону гликолиза и активации HIF-1 α на фоне снижения общего уровня

циркулирующих лимфоцитов и увеличения доли клеток на ранней стадии апоптоза, что повышало риск усиления мутагенеза клеток, формирующегося в ответ на воздействие внешних стимулов.

Адаптационные возможности организма определяют формирование адекватной реакции регуляторных систем на внешние и внутренние стимулы без срыва и формирования патологических состояний. «Напряжение механизмов адаптации» и «срыв процесса адаптации» характеризуются изменением клеточных и гуморальных показателей периферической крови еще до клинического проявления заболевания и могут усиливаться при дополнительном воздействии негативных факторов, даже если их влияние кратковременно.

Установлено, что фоновые индексы общего воспаления SII, SIRI, AISI являются значимыми предикторами при оценке «напряжения механизмов адаптации» и «срыва процесса адаптации». Использование данных индексов, рассчитываемых по результатам общего анализа крови, позволяет оценить наличие исходного дисбаланса в механизмах адаптации, которые могут в дальнейшем усилиться при воздействии стрессовых факторов.

Литература / References

1. Добродеева ЛК. Иммунологическое районирование. Сыктывкар: КНЦ УрО РАН; 2001.
 Dobrodeeva LK. *Immunological zoning*. Syktyvkar: KNC UrO RAN; 2001 (In Russ.).
2. Гаркави ЛХ, Толмачев ГН, Михайлов НЮ, Есипов ЮВ, Бенья ФМ, Зверинцева ММ и др. Адаптационные реакции и уровни реактивности как эффективные диагностические показатели донозологических состояний. *Вестник Южного научного центра РАН*. 2007;3(1):61–6.
3. Жиемуратова ГК, Мамбеткаримов ГА. Особенности адаптационного статуса детей в регионе Приаралья. *Children's Medicine of the North-West*. 2021;9(1):148.

Garkavi LH, Tolmachev GN, Mikhailov NYu, Esipov YuV, Benia FM, Zverintseva MM, et al. Adaptation reactions and levels of reactivity as effective diagnostic indices of pre-natological states. *Science in South Russia*. 2007;3(1):61–6 (In Russ.).
 EDN: [KVYTWQ](#)

3. Жиемуратова ГК, Мамбеткаримов ГА. Особенности адаптационного статуса детей в регионе Приаралья. *Children's Medicine of the North-West*. 2021;9(1):148.

- Zhiemuratova GK, Mambetkarimov GA. Features of the adaptation status of children in the Aral region. *Children's Medicine of the North-West*. 2021;9(1):148 (In Russ.). EDN: [WHCDGU](#)
4. Гордеева ПВ, Филимонов СН, Кузьменко ОВ, Киреева ЛН, Мартынова ЕА, Митичкина ТВ. Адаптационная терапия в ранней реабилитации пациентов с производственными травмами как показатель эффективности курсовых программ. *Медицина труда и промышленной экологии*. 2020;60(6):409–14.
Gordeeva RV, Filimonov SN, Kuzmenko OV, Kireeva LN, Martynova EA, Mitichkina TV. Adaptive therapy in early rehabilitation of the patients with industrial injuries as an indicator of the effectiveness of course programs. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2020;60(6):409–14 (In Russ.).
<https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-6-409-414>
 5. Пустовойт ВИ, Никонов ПВ, Самойлов АС, Ключников МС, Назарян СЕ, Петрова МС. Основные цитологические и биохимические показатели крови при развитии неспецифической адаптационной реакции у спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта. *Курортная медицина*. 2020;2:85–91.
Pustovoyt VI, Nikonov PV, Samoylov AS, Klyuchnikov MS, Nazaryan SE, Petrova MS. Main cytological and biochemical parameters of blood in the development of a non-specific adaptive reaction with athletes participating in extreme sports. *Resort Medicine*. 2020;2:85–91 (In Russ.).
https://doi.org/10.51871/2304-0343_2021_2_85
 6. Петушков МН, Папин МА. Сравнительная характеристика типов неспецифических адаптационных реакций организма у спортсменов высокой квалификации в разные периоды подготовки. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: биология и экология*. 2022;4(68):7–14.
Petushkov MN, Papin MA. Comparative characteristics of the types of non-specific adaptive reactions of the organism in highly qualified athletes in different training periods. *Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology*. 2022;4(68):7–14 (In Russ.).
<https://doi.org/10.26456/vtbio275>
 7. Xiu J, Lin X, Chen Q, Yu P, Lu J, Yang Y, et al. The aggregate index of systemic inflammation (AISl): a novel predictor for hypertension. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2023;10:1163900.
<https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1163900>
 8. Zinellu A, Paliogiannis P, Mangoni AA. Aggregate Index of Systemic Inflammation (AISl), Disease Severity, and Mortality in COVID-19: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(14):4584.
<https://doi.org/10.3390/jcm12144584>
 9. Su Z, Cao L, Chen H, Zhang P, Wu C, Lu J, et al. Obesity indicators mediate the association between the aggregate index of systemic inflammation (AISl) and type 2 diabetes mellitus (T2DM). *Lipids in Health and Disease*. 2025;24(1):176.
<https://doi.org/10.1186/s12944-025-02589-4>
 10. Tang J, Li TX, Deng L, Huang XC, He PY, Zhao H. Inflammatory indices AISl and SIRI in atherosclerosis risk stratification: validation across community and intensive care populations. *Annals of Medicine*. 2025;57(1):2530792.
<https://doi.org/10.1080/07853890.2025.2530792>
 11. Zhang K, Ma X, Zhou X, Qiu G, Zhang C. Machine learning based association between inflammation indicators (NLR, PLR, NPAR, SII, SIRI, and AISl) and all-cause mortality in arthritis patients with hypertension: NHANES 1999–2018. *Frontiers in Public Health*. 2025;13:1559603.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1559603>
 12. Ghobadi H, Mohammadshahi J, Javaheri N, Fouladi N, Mirzazadeh Y, Aslani MR. Role of leukocytes and systemic inflammation indexes (NLR, PLR, MLP, dNLR, NLPR, AISl, SIR-I, and SII) on admission predicts in-hospital mortality in non-elderly and elderly COVID-19 patients. *Frontiers in Medicine*. 2022;9:2434.
<https://doi.org/10.3389/fmed.2022.916453>
 13. Zinellu A, Paliogiannis P, Mangoni AA. Aggregate index of systemic inflammation (AISl), disease severity, and mortality in COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12:4584.
<https://doi.org/10.3390/jcm12144584>
 14. Fois AG, Paliogiannis P, Scano V, Cau S, Babudieri S, Perra R, et al. The systemic inflammation index on admission predicts in-hospital mortality in COVID-19 patients. *Molecules*. 2020;25:5725.
<https://doi.org/10.3390/molecules25235725>
 15. Франциянц ЕМ, Бандовкина ВА, Джавадов ДА, Козель ЮЮ, Коваленко ВА, Шашкина ЛЮ и др. Возможности использования индекса системного иммунного воспаления для оценки эффективности противоопухолевого лечения у подростков с лимфомой Ходжкина. *Современные проблемы науки и образования*. 2025;2:14.
Frantsiyants EM, Bandovkina VA, Dzhavadov DA, Kozel YuYu, Kovalenko VA, Shashkina LY, et al. The opportunities of the systemic immune inflammation index usage for the antitumor treatment in adolescents with Hodgkin's lymphoma effect assessment. *Modern Problems of Science and Education*. 2025;2:14 (In Russ.).
<https://doi.org/10.17513/spno.33981>
 16. Кассирский НА, Алексеев ГА. *Клиническая гематология*. М.: Медицина; 1970.
Kassirskiy N A, Alekseyev GA. *Clinical Gematology*. Moscow: Meditsina; 1970 (In Russ.).
 17. Qi Q, Zhuang L, Shen Y, Geng Y, Yu S, Chen H, et al. A novel systemic inflammation response index (SIRI) for predicting the survival of patients with pancreatic cancer after chemotherapy. *Cancer*. 2016;122(14):2158–67.
<https://doi.org/10.1002/cncr.30057>
 18. Hu B, Yang XR, Xu Y, Sun YF, Sun C, Guo W, et al. Systemic immune-inflammation index predicts prognosis of patients after curative resection for hepatocellular carcinoma. *Clinical Cancer Research*. 2014;20:6212–22.
<https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-14-0442>
 19. Bai X, Cheng L, Wang H, Deng Y, Tong X, Wen W, et al. The aggregate index of systemic inflammation (AISl) and the risk of all-cause, cardiovascular, and cardio-cerebrovascular mortality in congestive heart failure patients: results from NHANES 1999–2018. *Scientific Reports*. 2025;15(1):18282.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-01196-8>
 20. Valle I, Alvarez-Barrientos A, Arza E, Lamas S, Monsalve M. PGC-1 α regulates the mitochondrial antioxidant defense system in vascular endothelial cells. *Cardiovascular Research*. 2005;66(3):562–73.
<https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2005.01.026>
 21. Goto T. A review of the studies on food-derived factors which regulate energy metabolism via the modulation of lipid-sensing nuclear receptors. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*. 2019;83(4):579–88.
<https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1559025>
 22. Jamwal S, Blackburn JK, Elsworth JD. PPARgamma/PGC1 α signaling as a potential therapeutic target for mitochondrial biogenesis in neurodegenerative disorders. *Pharmacology & Therapy*. 2021;219:107705.
<https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2020.107705>
 23. Gowans JL. The lymphocyte — a disgraceful gap in medical knowledge. *Immunology Today*. 1996;17(6):288–91.
[https://doi.org/10.1016/0167-5699\(96\)80547-0](https://doi.org/10.1016/0167-5699(96)80547-0)

24. Galluzzi L, Vitale I, Aaronson SA, Abrams JM, Adam D, Agostinis P, et al. Molecular mechanisms of cell death: recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2018. *Cell Death & Differentiation*. 2018;25(3):486–541. <https://doi.org/10.1038/s41418-017-0012-4>
25. Feng M, Zheng C, Li X, Chen B, Li W. Reversal of lipopolysaccharide-induced cardiomyocyte apoptosis via $\alpha 7nAChR$ by dexmedetomidine. *Cellular and Molecular Biology*. 2024;70(5):127–31. <https://doi.org/10.14715/cmb/2024.70.5.17>
26. Xu Y, Surman DR, Diggs L, Xi S, Gao S, Gurusamy D, et al. Bile acid-induced «Minority MOMP» promotes esophageal carcinogenesis while maintaining apoptotic resistance via Mcl-1. *Oncogene*. 2020;39(4):877–90. <https://doi.org/10.1038/s41388-019-1029-6>
27. Tang HM, Talbot CC, Fung MC, Tang HL. Transcriptomic study of anastasis for reversal of ethanol-induced apoptosis in mouse primary liver cells. *Scientific Data*. 2022;9(1):418. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01470-8>
28. Шварц ВА, Талибова СМ, Сокольская МА, Испирян АЮ, Шварц ЕН, Петросян АД и др. Ассоциация новых биомаркеров системного воспаления с развитием атеросклероза и его выраженности. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(8):67–74. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6025>
29. Shvarts VA, Talibova SM, Sokolskaya MA, Ispiryan AYU, Shvarts EN, Petrosyan AD, et al. Association of novel biomarkers of systemic inflammation with atherosclerosis and its severity. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(8):67–74 (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6025>
30. Yang YL, Wu CH, Hsu PF, Chen SC, Huang SS, Chanet WL, et al. Systemic immune-inflammation index (SII) predicted clinical outcome in patients with coronary artery disease. *European Journal of Clinical Investigation*. 2020;50(5):e13230. <https://doi.org/10.1111/eci.13230>
31. Li Q, Ma X, Shao Q, Yang Z, Wang Y, Gao F, et al. Prognostic impact of Multiple lymphocyte-based inflammatory indices in acute coronary syndrome patients. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022;9:811790. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.811790>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: В.П. Патракеева — руководство и контроль планирования и проведения исследования, применение статистических и лабораторных методов анализа, подготовка рукописи, обеспечение участия пациентов в исследовании, внесение замечаний и исправлений, критический анализ работы на предмет научной новизны; В.А. Штаборов — сбор экспериментальных данных, лабораторный анализ материала, визуализация полученных данных.

Об авторах:

Патракеева Вероника Павловна, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6219-5964>
Штаборов Вячеслав Анатольевич, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1142-4410>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-450>

УДК 613.12:613.67:612.112



СОСТОЯНИЕ АДАПТАЦИИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В АРКТИКЕ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ ПРОДУКТОМ, СОДЕРЖАЩИМ ПИЩЕВЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Р.С. Рахманов¹✉, Д.А. Нарутдинов², Е.С. Богомолова¹, С.А. Разгулин¹¹ Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия² Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия

Введение. Пребывание в условиях Крайнего Севера приводит к напряжению адаптационных реакций организма, обеспечивающих поддержание гомеостаза. В связи с этим продовольственное обеспечение военнослужащих с учетом научно обоснованной системы адекватного питания, предусматривающей доведение до оптимального уровня в рационах незаменимых пищевых веществ, в том числе микронутриентов, играет важную роль в процессе акклиматизации, сохранении и укреплении здоровья контингента, а также предупреждении синдрома хронического адаптивного напряжения.

Цель. Оценка состояния адаптации военнослужащих в Арктике при включении в рацион питания натурального продукта, содержащего пищевые и биологически активные вещества.

Материалы и методы. Исследование проведено июне–июле 2022 г. в Арктике с участием здоровых и практически здоровых военнослужащих-мужчин ($n = 60$; средний возраст $37,3 \pm 3,1$ года). Медианная длительность профессиональной деятельности составила 7 [5; 9] лет. Испытуемые были разделены на группы: основная ($n = 30$) (в течение 21 сут во время ужина принимали по 10,0 г продукта из растительно-белкового сырья (ПРБС), внесенного во второе блюдо); группа сравнения ($n = 30$) (питание по стандартному рациону). Рецепт ПРБС разработана с учетом условий обитания. В состав продукта из растительно-белкового сырья включены: черноплодная рябина, семена льна, морковь, брокколи, морская капуста и скорлупа куриных яиц. Включение в состав пищевых ингредиентов в ПРБС макро- и микроэлементов, пищевых волокон, минорных биологически активных веществ проведено расчетным методом. Оценка состояния адаптации организма проведена при анализе лейкограмм. Общеклинический анализ крови выполнен с использованием автоматизированной гематологической системы Abbott (США). Типы неспецифических адаптационных реакций организма, уровни реактивности организма, состояние адаптации в основной группе до и после приема ПРБС и в группе сравнения до начала и на 22-й день эксперимента определяли по методике Л.Х. Гаркави. Статистическая обработка исходных данных проведена с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistica 6.1.

Результаты. У лиц основной группы выявлены снижение числа лейкоцитов с $6,52 \pm 0,61$ до $(6,3 \pm 0,47) \times 10^9/\text{л}$, возрастание количества эозинофилов, моноцитов, лимфоцитов и процентного содержания палочкоядерных нейтрофилов. До начала исследования у 2 (6,7%) участников из основной группы тип адаптационной реакции был определен как «повышенная активация», у 14 (46,7%) лиц — как «тренировка» и «спокойная активация». В конце наблюдения через 22 дня у 28 (93,3%) испытуемых из основной группы адаптационные реакции организма оценивали как «повышенную активацию», за исключением 2 (6,7%) лиц, у которых тип адаптационной реакции оценили как «спокойную активацию». Уровень реактивности организма до приема ПРБС у большинства испытуемых оценивался как высокий и средний; через 22 дня лишь у одного человека из основной группы уровень реактивности оказался средним, у всех остальных оценивался как высокий при типе адаптационной реакции «повышенная активация», а при типе адаптационной реакции «спокойная активация» уровень реактивности организма статистически значимо определен на высоком уровне у всех участников. После курса приема ПРБС в основной группе у всех военнослужащих адаптация оценивалась как физиологическая норма, в группе сравнения, наоборот, было отмечено нарастание доли лиц в донозологическом состоянии организма.

Выводы. Установлено, что при отсутствии влияния на организм экстремального холода (исследование проводилось в Арктике в летнее время) неспецифические адаптационные реакции организма лиц основной группы и группы сравнения оценивали как «тренировка» у 46,7–56,7% и «спокойная активация» у 36,7–43,3% при высоких и средних уровнях реактивности организма. Оптимизация питания пищевым продуктом из растительно-белкового сырья у испытуемых основной группы способствовала стимулированию метаболических процессов в организме, позитивной динамике лимфопоэза (возрастание доли лиц до 93,3% в основной группе с типом неспецифической адаптационной реакции «повышенная активация») и восстановлению состояния адаптации до физиологической нормы.

Ключевые слова: Арктика; военнослужащие по контракту; продукт из растительно-белкового сырья; рацион питания; эффективность; состояние адаптации

Для цитирования: Рахманов Р.С., Нарутдинов Д.А., Богомолова Е.С., Разгулин С.А. Состояние адаптации военнослужащих в Арктике при оптимизации питания продуктом, содержащим пищевые и биологически активные вещества. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):455–463. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-450>

Финансирование. Исследование выполнено без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (протокол № 4 от 14.03.2022). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании, а также использование обезличенных медицинских данных.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Рахманов Рофаиль Салыхович raf53@mail.ru

Статья поступила: 22.01.2026 **После доработки:** 04.03.2026 **Принята к публикации:** 13.03.2026 **Online first:** 28.04.2026

ADAPTATION STATUS OF MILITARY PERSONNEL IN THE ARCTIC UNDER NUTRITIONAL OPTIMIZATION WITH A FOOD PRODUCT CONTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Rofail S. Rakhmanov^{1✉}, Denis A. Narutdinov², Elena S. Bogomolova¹, Sergey A. Razgulin¹¹ Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia² Prof. V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

Introduction. Prolonged stay in the Far North imposes significant stress on the body's adaptive mechanisms responsible for maintaining homeostasis. In this context, the nutrition of military personnel based on a scientifically ground system that ensures optimal intake of essential nutrients, including micronutrients, plays an important role in the acclimatization process. Proper dietary provision preserves and strengthens the health of military personnel, preventing the development of chronic adaptive stress.

Objective. Assessment of the adaptation state of military personnel in the Arctic following inclusion of a natural product rich in dietary and biologically active substances in their diet.

Materials and methods. The study was conducted in June–July 2022 in the Arctic, involving healthy and practically healthy male military personnel ($n = 60$; mean age 37.3 ± 3.1 years). The median duration of professional activity was 7.0 [5; 9] years. The subjects were divided into the following groups. The main group ($n = 30$) received 10.0 g of a plant protein product (PPP) incorporated into the main dinner meal for 21 days, whereas the comparison group ($n = 30$) was provided with a standard ration. The formulation of the PPP was developed considering the living conditions. The PPP included: chokeberry (aronia), flax seeds, carrots, broccoli, seaweed, and chicken eggshell. The amount of macro- and microelements, dietary fiber, and minor biologically active substances included in the PPP was calculated. The assessment of the body's adaptation state was performed by analyzing leukograms. A complete blood count was performed using an automated hematology system (Abbott, USA). The types of non-specific adaptive reactions of the body, levels of reactivity, and adaptation status in the main group prior to and following administration of the PPP, as well as in the comparison group at baseline and on day 22 of the experiment, were determined using L. Garkavi's method. Statistical processing of the initial data was performed using the IBM SPSS Statistica 6.1 software package.

Results. In individuals of the main group, a decrease in leukocyte counts from 6.52 ± 0.61 to $(6.3 \pm 0.47) \times 10^9/L$ was detected, along with an increase in the number of eosinophils, monocytes, lymphocytes, and the percentage of band neutrophils. At baseline, in 2 (6.7%) participants from the main group, the type of adaptive reaction was classified as "enhanced activation," while in 14 (46.7%) individuals it was defined as "training" and "calm activation." By the end of the 22-day observation period, 28 (93.3%) subjects from the main group demonstrated the body's adaptive reactions classified as "enhanced activation," except for 2 (6.7%) individuals whose adaptive reaction type was assessed as "calm activation." Prior to PPP intake, the level of body reactivity was assessed as high and medium in the majority of subjects. After 22 days, only one person in the main group had a medium level of reactivity, while all others were assessed as having a high level with the "enhanced activation" type of adaptive response. In individuals with the "calm activation" type, the level of reactivity was statistically significantly high in all cases. Following the PPP course in the main group, adaptation was assessed as being within a physiological norm in all servicemen. The comparison group, conversely, showed an increase in the proportion of individuals in a pre-nosological state.

Conclusions. It was established that in the absence of extreme cold exposure (as the study was conducted in the Arctic during the summer period), the non-specific adaptive mechanisms of the body in individuals of the main group and the comparison group were predominantly assessed as "training" (46.7–56.7%) and "calm activation" (36.7–43.3%), corresponding to high and medium levels of body reactivity. Nutritional optimization with the inclusion of PPP in the subjects of the main group contributed to stimulating metabolic processes in the body, a positive shift in lymphopoiesis (manifested in an increase in the proportion of individuals with the "enhanced activation" type of non-specific adaptive reaction to 93.3% in the main group), and the restoration of the adaptation state to the physiological norm.

Keywords: Arctic; contract military personnel; plant protein product; diet; efficacy; adaptation state

For citation: Rakhmanov R.S., Narutdinov D.A., Bogomolova E.S., Razgulin S.A. Adaptation status of military personnel in the Arctic under nutritional optimization with a food product containing biologically active substances. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):455–463. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-450>

Funding. The study was performed without sponsorship or financial support.

Compliance with the ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Privolzhsky Research Medical University (minutes No. 4 dated 14.03.2022). All patients signed informed consent to participate in the study, as well as for the use of anonymized medical data.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Rofail S. Rakhmanov raf53@mail.ru

Received: 26 Jan. 2026 **Revised:** 4 Mar. 2026 **Accepted:** 13 Mar. 2026 **Online first:** 28 Apr. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Государственные интересы развития Арктической зоны России обуславливают постоянное военное присутствие в составе стратегических сил сдерживания^{1,2}. При смене привычных условий обитания в организме военнослужащих происходят значительные изменения функционального состояния и перестройка физиологических функций на новый адаптационный уровень [1].

Пребывание в условиях Крайнего Севера даже у коренных малочисленных народов приводит к напряжению адаптационных реакций организма, обеспечивающих поддержание гомеостаза [2, 3]. Следует ожидать, что пребывание здоровых военнослужащих на этой территории при определенной длительности профессиональной деятельности также будет оказывать негативное влияние на состояние адаптации и уровень резистентности их организма [4].

¹ Указ Президента Российской Федерации от 27.02.2023 № 126 «О внесении изменений в Стратегию развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечении национальной безопасности на период до 2035 г.»

² Указ Президента Российской Федерации от 31.07.2022 № 512 «Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации».

При жизнедеятельности людей в условиях Севера возрастают энергетические и пластические (в том числе витаминов и минеральных веществ) потребности организма³. В связи с этим продовольственное обеспечение военнослужащих с учетом научно обоснованной системы адекватного питания, предусматривающей доведение до оптимального уровня в рационах незаменимых пищевых веществ, в том числе микронутриентов, играет важную роль в процессе акклиматизации контингента, сохранении и укреплении здоровья, предупреждении синдрома хронического адаптивного напряжения.

Данные анализа рационов питания в общевойсковом и морском пайках показали сниженное содержание витаминов А, С, В₁, В₂ и ниацина, а также недостаток кальция [5, 6]. В исследовании Н.Н. Кириченко и соавт. обосновано регулярное (курсовое) введение в рацион военнослужащих в осенне-зимний период витаминов и минеральных веществ [7].

В некоторых исследованиях [8–11] предложен набор продуктов питания, обладающих лечебно-профилактическими свойствами, рецептуры которых разработаны на основе местного сырья: растительного (северных ягод) и белкового (животноводческого и рыболовецкого). Так, разработку продуктов питания, способных повысить адаптивные возможности организма, проводят на основе учета патогенеза ведущих регистрируемых заболеваний для приезжающего на Север населения [9]. При этом технические, технологические и ресурсные возможности производства продуктов из такого сырья и ягод ограничивают масштабное их использование [8–11]. Вследствие чего создание продуктов питания, позволяющих предупреждать возникновение заболеваний, связанных с особенностями профессиональной деятельности в условиях Севера, является актуальной проблемой.

Цель работы — оценка состояния адаптации военнослужащих в Арктике при включении в рацион питания натурального продукта, содержащего пищевые и биологически активные вещества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании, проведенном в июне–июле 2022 г. в Арктике, приняли участие здоровые и практически здоровые военнослужащие-мужчины ($n = 60$; средний возраст $37,3 \pm 3,1$ года), проходящие службу по контракту (ВПСК). Медианная длительность профессиональной деятельности участников составила 7 [5; 9] лет.

Для оценки эффективности влияния продукта из растительно-белкового сырья (ПРБС) на состояние адаптации испытуемые были разделены на группы:

- группа 1 — основная, $n = 30$ (в течение 21 сут во время ужина принимали по 10,0 г ПРБС, внесенного во второе блюдо);
- группа 2 — сравнения, $n = 30$ (питание по стандартному рациону).

Критерии включения участников в исследование: здоровые и практически здоровые военнослужащие, добровольно изъявившие согласие на участие в исследовании, не принимавшие витаминно-минеральные комплексы или биологически активные добавки к пище, не выезжавшие в отпуск в другие регионы страны в течение последних 6 мес.

Для приготовления пищи использовали завезенные в период навигации продукты: овощи консервированные, овощи и фрукты, высушенные теплом, по норме № 1 с дополнительной выдачей продуктов в районах Крайнего Севера⁴. Водоснабжение осуществлялось за счет талого снега или льда, характеризующихся низкой минерализацией. Условия быта и труда участников были одинаковыми. До начала исследования в рацион не включали витаминные или специализированные продукты питания.

На основе результатов предыдущих исследований по оценке показателей гемоглобина у военнослужащих [12, 13], а также данных о недостаточной обеспеченности организма людей йодом в условиях Севера [14, 15] разработана рецептура продукта из растительно-белкового сырья. В его состав включены: черноплодная рябина, семена льна, морковь, брокколи, морская капуста и скорлупа куриных яиц. Основным способом переработки составляющих была низкотемпературная сушка [16] (декларация соответствия УАЭС N RU Д-РУ.РА03.В.69039/24).

Включение в состав пищевых ингредиентов в ПРБС макро- и микроэлементов, пищевых волокон проведено расчетным методом [17]. Оценивали наличие минорных биологически активных веществ в составе готового продукта без определения их количественных значений по данным [18–22].

В настоящее время не определен конкретный состав продуктового набора для арктического пайка. Питание ВПСК осуществляется по нормам, утвержденным в Постановлении № 946⁵, в нашем случае — норма № 1 (общевойсковой паек) с учетом дополнительных продуктов, выдаваемых в районах Крайнего Севера и в Арктической зоне (рыбные консервы, сливочное масло, печенье, сгущенное молоко, консервированный зеленый горошек, икра кабачковая, сушеные фрукты). Калорийность данного рациона (норма № 1) составляет $4466,7 \pm 230,7$ ккал, в том числе: белки — $165,5 \pm 6,7$ г, жиры — $158,6 \pm 16,1$ г и углеводы — $587,9 \pm 29,4$ г [6]. Как отмечено рядом авторов, в пайке № 1 содержание витамина А составляет 45,3%, витамина С — 75,0%, витамина В₁ — 70,0%, витамина В₂ — 45,0%, ниацина — 77,5%; при этом недостаток кальция достигает 31,4% от нормируемых МР 2.3.1.2432-05⁶. По этой причине авторами [5–7] предложено провести коррекцию принятого рациона питания по недостающим микронутриентам.

В нашей работе применен подход к оптимизации питания ВПСК, а именно: введение в рацион микронутриентов на основе определения клинических

³ Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

⁴ Постановление Правительства РФ от 29.12.2007 № 946 «О продовольственном обеспечении военнослужащих и некоторых других категорий лиц, а также об обеспечении кормами (продуктами) штатных животных воинских частей и организаций в мирное время» (в редакции от 18.09.2020, № 1484).

⁵ Там же.

⁶ Методические рекомендации 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации для лиц, работающих на Крайнем Севере».

признаков их недостаточности [12, 13] с учетом данных по оценке содержания йода у населения Севера [14, 15]. Лица основной группы с ПРБС дополнительно получали макро- и микроэлементы, включая все витамины (особенно С, К и А), минеральные вещества (наибольшие дозы Ca, I, Fe, Se, Cr, Mn) и пищевые волокна (табл. 1).

Поддержание адаптационного потенциала организма, системы антиоксидантной защиты зависит и от присутствия минорных биологически активных веществ пищи [23], содержащихся в продуктах растительного происхождения. Кроме всех витаминов и значительного числа минеральных веществ, в состав ПРБС входят биологически активные вещества: холин, каротиноиды, фитостеролы, антоцианы, лютеин, зеаксантин, бета-криптоксантин, органические кислоты, пектиновые и дубильные вещества (из аронии). Полиненасыщенные и свободные жирные кислоты, моноацилглицериды, диацилглицериды, токоферолы, стеролы, фосфолипиды, воски, каротиноиды, полисахариды, фенолокислоты содержатся в составе семян льна, а полиацетилены, фалькариндол, пирролидин, бета-каротин, органические кислоты — моркови. Брокколи содержит альфа- и бета-каротин, лютеин, зеаксантин, ликопин, глюкорафин, фенольные соединения, а ламинария — бета-каротин, фукоксантин, фукоиданы, альгиновую кислоту.

Для оценки состояния адаптации организма анализировали лейкограммы у испытуемых до и после приема ПРБС в основной группе и группе сравнения до начала и на 22 день эксперимента. Забор проб крови осуществляли утром натощак в вакуумные пробирки (LabVac) на базе Таймырской межрайонной больницы. После чего в течение 3 ч пробы были доставлены в Центральную научно-исследовательскую лабораторию Красноярского государственного медицинского университета для выполнения общеклинического анализа крови с использованием автоматизированной гематологической системы Abbott (США).

Оценку состояния адаптации организма проводили в три этапа по методике Л.Х. Гаркави [24]. Вначале определяли тип неспецифических адаптационных реакций организма (ТАР), где в качестве критерияльно значимого показателя использовано значение относительного содержания лимфоцитов. Выделяли следующие типы реакций: «реакции тренировки» (РТ) — 20–27,5%; «спокойной активации» (РСА) — 28–34%; «повышенной активации» (РПА) — 34,5–44%; «переактивации» — более 40–44%.

Затем, используя значения долей моноцитов, эозинофилов, базофилов, палочкоядерных нейтрофилов и общего числа лейкоцитов, определяли уровни реактивности организма (УРО)⁷: высокий, средний, низкий и очень низкий.

На заключительном этапе оценивали состояние адаптации: физиологическая норма, донозонология или болезнь. Для этого при каждом ТАР определяли количество лиц с различными уровнями реактивности организма. При ТАР «спокойная» и «повышенная активация» состояние адаптации оценивали

как «физиологическая норма» (здоров) при высоком или среднем УРО, «донозонология» — при низком уровне реактивности. При типе адаптационной реакции «тренировка» и высоком УРО состояние адаптации квалифицировали как нормальное, при среднем УРО — «донозонология», низком УРО — «болезнь». При ТАР «переактивация» и «стресс» и высоком УРО состояние адаптации оценивали как проявление донозонологии, при остальных — как болезнь⁸.

Статистическая обработка исходных данных проведена с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistica 6.1 (США). Нормальность распределения определяли по критерию Колмогорова – Смирнова. Для параметрических данных рассчитывали средние значения и их стандартные отклонения ($M \pm SD$), для непараметрических — медиану (M_e) и интерквартильный размах [Q_1 ; Q_3]. Статистическую значимость различий при $p < 0,05$ для параметрических показателей в зависимых выборках вычисляли по t -критерию Стьюдента, для непараметрических — по критерию Вилкоксона. Статистическая значимость различий оценки эффективности приема ПРБС устанавливалась с помощью критерия согласия Пирсона (χ^2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании при оценке эффективности включения в рацион ПРБС у лиц основной группы выявлены статистически значимые различия в пределах референтных интервалов по ряду показателей, а именно: снижение числа лейкоцитов с $6,52 \pm 0,61$ до $6,3 \pm 0,47 \times 10^9/\text{л}$, возрастание количества эозинофилов (с 2,95 до 3,65%), моноцитов ($6,05 \pm 1,88$ до $6,7 \pm 1,14\%$), лимфоцитов (с 28,2 до 39,5%). В то же время отмечено возрастание процентного содержания палочкоядерных нейтрофилов, регистрируемое на уровне нижней границы физиологической нормы, а доля базофилов у испытуемых не изменилась. Данные изменения, по всей видимости, связаны с обогащением витаминно-минеральной насыщенности организма испытуемых при приеме ПРБС (в частности, B_9 , B_{12} , 25(OH)D, Fe, Ca) и модуляцией метаболических процессов, отражающихся на функциональных свойствах лейкоцитов [25].

В группе сравнения анализируемые показатели в динамике наблюдения не имели статистически значимых различий (табл. 2).

До начала исследования у 2 (6,7%) испытуемых из основной группы тип адаптационной реакции был определен как «повышенная активация» (доля лимфоцитов достигала 35,0–37,5%), у 14 (46,7%) лиц — как «тренировка» (доля лимфоцитов в пределах 20–27,5%) и на уровне «спокойной активации» (доля лимфоцитов в пределах 28–34%). В конце наблюдения через 22 дня у 28 (93,3%) испытуемых из основной группы адаптационные реакции организма оценивали как «повышенная активация», за исключением 2 (6,7%) лиц, у которых ТАР был оценен как «спокойная активация». При данных типах адаптационных реакций

⁷ Хурса РВ, Еремина НМ, Корзун НН. Скрининговые методы оценки адаптации организма в амбулаторной практике: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ; 2018.

⁸ Там же.

Таблица 1. Суточное потребление макро- и микроэлементов с продуктом из растительно-белкового сырья

Нутриент	Показатели потребления	
	Потребляемая доза	% от суточной дозы
Белки, г	1,22	1,12
Жиры, г, в т.ч.	1,22	2,22
НЖК, 10% от ккал	1,08	0,3
ПНЖК, 6–10% от ккал	7,13	1,95–3,24
Омега-6, 5–8% от ккал	1,674	0,57–0,92
Омега-3, 1–2% от ккал	5,4	0,15–0,074
Углеводы, г	4,43	0,84
Витамины		
А, мкг рет. экв.	70,1	7,8
Е, мг ток. экв.	0,27	1,8
С, мг	15,0	15,0
В ₁ , мг	0,061	4,1
В ₂ , мг	0,032	1,8
В ₅ , мг	0,21	4,2
В ₆ , мг	0,066	3,3
В ₉ , мкг	4,2	0,84
В ₁₂ , мкг	0,012	0,4
Биотин, мкг	0,424	0,85
К, мкг	11,34	9,45
РР, мг НЭкв	0,224	1,12
Д, мкг	0,39	2,9
Минеральные вещества		
F, мг	0,21	5,25
I, мкг	31,91	21,3
Cu, мг	0,052	5,2
Zn, мг	0,31	2,5
Fe, мг	0,7	7,0
Mn, мг	0,121	6,05
Cr, мкг	2,45	6,13
Se, мкг	4,61	6,6
Mg, мг	16,4	3,9
P, мг	37,52	5,36
Na, мг	15,49	1,2
Ca, мг	684,03	68,4
K, мг	126,71	3,62
Пищевые волокна, г	1,43	5,72–7,12

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. НЖК — насыщенные жирные кислоты; ПНЖК — полиненасыщенные жирные кислоты.

Таблица 2. Показатели лейкограмм крови обследованных лиц в динамике наблюдения

Показатели лейкограммы	Рефе- рентные значения	Период наблюдения			
		Исходный		22-й день	
		Основная группа n = 30	Группа сравнения n = 30	Основная группа n = 30	Группа сравнения n = 30
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}^1$	3,9–10,6	6,52 $\pm$ 0,61	6,5 $\pm$ 0,47	6,3 $\pm$ 0,47*	6,55 $\pm$ 0,65
Палочкоядерные нейтрофилы, % ²	1–6	0,4 [0,2–0,8]	0,7 [0,5–0,8]	0,6 [0,5–0,8]*	0,8 [0,45–0,8]
Базофилы, % ²	0–1	0,51 [0,3–0,8]	0,4 [0,2–0,65]	0,6 [0,4–0,8]	0,4 [0,2–0,75]
Эозинофилы, % ²	1–5	2,95 [1,9–3,9]	2,7 [1,7–3,55]	3,65 [2,8–4,1]*	2,8 [1,55–3,55]
Моноциты, % ¹	2–10	6,05 $\pm$ 1,88	6,6 $\pm$ 1,35	6,7 $\pm$ 1,14*	6,68 $\pm$ 1,75
Лимфоциты, % ²	28–45	28,2 [25,1–31,9]	27,6 [25,6–29,25]	39,5 [37,4–41,2]*	26,9 [25,6–27,65]

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. ¹ данные представлены в виде средних арифметических величин и стандартных отклонений ($M \pm SD$); ² данные представлены в виде медианы и интерквартильного разброса (M_e [Q₁; Q₃]); * различия статистически значимы в зависимых группах, $p < 0,05$.

характерна картина в тимико-лимфатической (иммунной) и эндокринной подсистемах организма, совпадающая с верхней половиной зоны физиологической нормы (процессы анаболизма преобладают над процессами катаболизма), что, скорее всего, является морфологическим эквивалентом адаптации участников к постоянно действующим экстремальным факторам окружающей среды [24].

В то же время в группе сравнения тип адаптационной реакции в исходном состоянии оценивался как «тренировка» у 17 (56,7%) участников и «спокойная активация» у 13 (43,3%) лиц. В конце наблюдения до 19 (63,3%) увеличилась доля лиц, у которых ТАР оценивался как «тренировка», а также до 11 (36,7%) снизилось количество лиц с типом адаптационной реакции «спокойная активация».

При характеристике уровней реактивности организма у обследованных в динамике наблюдения при различных типах неспецифических адаптационных реакций организма установлено, что УРО до приема ПРБС у всех лиц, за исключением 1 (1,7%) участника, оценивался как высокий и средний; в основной группе при типе адаптационной реакции «повышенная активация» низкий уровень реактивности зафиксировали лишь у одного человека.

При этом у 5 (35,7%) и 9 (64,3%) лиц из основной группы в исходном состоянии при типе адаптационной реакции в состоянии «тренировка» УРО оценивался как высокий и средний ($p = 0,001$) соответственно. В то же время при типе адаптационной реакции «спокойная активация» высокий уровень реактивности организма статистически значимо определен у 2 (14,3%) обследованных, а средний — у 12 (85,7%) участников. При ТАР в состоянии «повышенной активации» у одного обследованного из основной группы в исходном состоянии УРО оценивался как средний и у одного — как низкий.

В динамике наблюдения через 22 дня у обследованных из основной группы лишь у одного человека уровень реактивности оказался средним, у всех остальных оценивался как высокий при типе адаптационной реакции «повышенная активация». Одновременно с этим через 22 дня при ТАР «спокойная активация» в основной группе уровень реактивности организма статистически значимо определен на высоком уровне у всех участников.

В группе сравнения, наоборот, увеличилась доля лиц со средним уровнем реактивности организма (табл. 3).

Оптимизация рациона питания отразилась на показателях лейкограмм лиц основной группы при отсутствии изменений в группе сравнения, а также повлияла на состояние адаптации организма. В целом в начале наблюдения состояние адаптации определялось как «донозология» у 30% лиц из основной группы и у 23,34% испытуемых группы сравнения.

После курса приема ПРБС в основной группе у всех военнослужащих состояние адаптации оценивалось как физиологическая норма. В группе сравнения, наоборот, было отмечено статистически значимое ($\chi^2 = 12,0$; $p = 0,001$) возрастание до 40% доли лиц в донозологическом состоянии организма (рис.). По показателям лейкоцитов и рассчитанным лейкоцитарным индексам ранее было установлено, что состояние «донозология» характеризуется ослаблением гуморального и клеточного звена иммунитета и снижением фагоцитарной активности клеток [26].

Необходимо отметить, что результаты настоящего наблюдения были получены в летний период. Возможно, при нарастании влияния экстремально-холода адаптационные реакции организма будут меняться.

Полученные результаты показывают перспективность применения производимых по криогенной

Таблица 3. Характеристики уровней реактивности организма участников в динамике наблюдения при различных типах неспецифических адаптационных реакций организма, %

Уровень реактив-ности организма	Группа и период наблюдения			
	Основная		Сравнения	
	Исходный	22-й день	Исходный	22-й день
Неспецифические адаптационные реакции организма в состоянии «тренировка»				
Высокий	35,7	0	58,8	36,8
Средний	64,3	0	41,2	63,2
	$p = 0,001$		$p = 0,002$	
Неспецифические адаптационные реакции организма в состоянии «спокойная активация»				
Высокий	14,3	100,0	15,4	9,1
Средний	85,7	0	84,6	90,9
	$p = 0,001$		–	
Неспецифические адаптационные реакции организма в состоянии «повышенная активация»				
Высокий	0	50,0	0	0
Средний	50,0	50,0	0	0
Низкий	50,0	0	0	0
	$p = 0,001$		–	

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание. «0» — отсутствие испытуемых с определяемым уровнем реактивности организма; «—» — отсутствие статистически значимых различий.

технологии многокомпонентных продуктов, содержащих биологически активные вещества, рецептуры которых разрабатываются с учетом влияния условий обитания, для оптимизации питания военнослужащих и других контингентов, работающих в условиях Арктики.

ВЫВОДЫ

1. При оценке эффективности включения в рацион продукта из растительно-белкового сырья у лиц основной группы выявлено статистически значимое снижение числа лейкоцитов, возрастание процентного содержания палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов, моноцитов, лимфоцитов, регистрируемых в границах физиологической нормы, что связано с модуляцией метаболических процессов, влияющих на функциональные свойства лейкоцитов.
2. Неспецифические адаптационные реакции организма у большинства лиц как основной, так и группы сравнения оценивались как «тренировка» и «спокойная активация» при высоких или средних уровнях реактивности организма, что, скорее всего, связано с отсутствием влияния на организм экстремального холода при проведении исследования в летний период.
3. Оптимизация рациона питания отразилась на состоянии адаптации после курса приема продукта из растительно-белкового сырья в основной

группе у всех военнослужащих: состояние адаптации оценивалось как физиологическая норма, при этом в группе сравнения отмечено статистически значимое возрастание доли лиц в донозологическом состоянии организма.

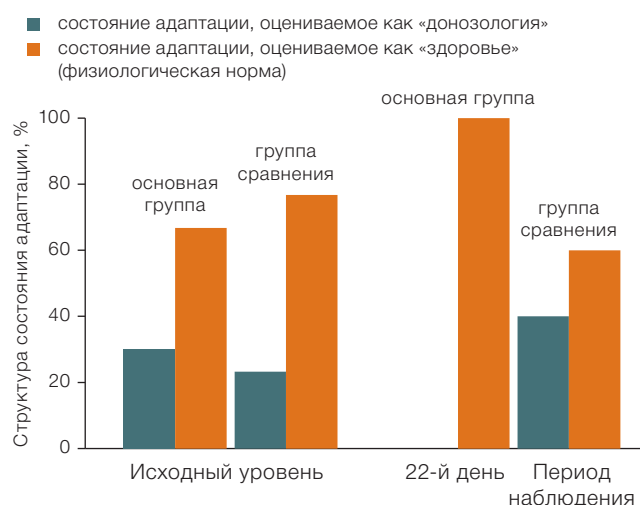


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. Показатели структуры состояния адаптации организма военнослужащих в динамике наблюдения

Литература / References

- Алимсултанов ИИ, Евсиенко РР, Бокарев МА. Профилактика дизадаптационных расстройств у военнослужащих при военно-профессиональной адаптации в условиях Крайнего Севера. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2021;40(S1–3):5–9. Alimsultanov II, Evsienko RR, Bokarev MA. Prevention of disadapted disorders in military services with military professional adaptation in the conditions of the Extreme North. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2021;40(S1–3):5–9 (In Russ.). EDN: [IYCFLY](#)
- Безменова ИН. Выбор информативных генетических маркеров для оценки адаптационного потенциала жителей-северян (обзор). *Здоровье населения и среда обитания* — *ЗНисО*. 2023;31(1):7–12. Bezmenova IN. Selection of Informative Genetic Markers for Assessment of Adaptabilities of Northerners: A Review. *Public Health and Life Environment* — *PH&LE*. 2023;31(1):7–12 (In Russ.). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-7-12>
- Бельчусова ЕА, Николаева ЕН, Колосова ОН. Неспецифические адаптивные реакции организма коренных жителей Арктики. *Современные проблемы науки и образования*. 2016;3:387. Belchusova EA, Nikolaeva EN, Kolosova ON. Nonspecific adaptive reactions in the body of indigenous people of the Arctic. *Modern Problems of Science and Education*. 2016;3:387 (In Russ.). EDN: [WXJFLT](#)
- Зырянов БН, Соколова ТФ. Адаптационные реакции и иммунитет у пришлого населения Крайнего Севера. *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2021;2(111):48–58. Zyryanov BN, Sokolova TF. Adaptation reactions and immunity in the migrant population of the Far North. *Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug*. 2021;2(111):48–58 (In Russ.). <https://doi.org/10.26110/ARCTIC.2021.111.2.003>
- Субботина ТИ, Андриянов АИ, Сороколетова ЕФ, Сметанин АЛ, Ищук ЮВ. Роль адекватного нормирования питания в сохранении и укреплении здоровья военнослужащих, проходящих службу в Арктической зоне. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2020;39(S3–5):169–72. Subbotina TI, Andrianov AI, Sorokoletova EF, Smetanin AL, Ishchuk YuV. The role of adequate food rationing in maintaining and improving the health of military personnel serving in the Arctic zone. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2020;39(S3–5):169–72 (In Russ.). EDN: [VBOGFD](#)
- Маков ВА. Особенности продовольственного обеспечения военнослужащих, проходящих военную службу в арктической зоне Российской Федерации. *Российская Арктика*. 2018;3:51–9. Makov VA. Rations specifications for military personnel in the arctic region. *Russian Arctic*. 2018;3:51–9 (In Russ.). EDN: [YLLFZJ](#)
- Кириченко НН, Новицкий АА. Профилактика нарушений микронутриентного статуса у военнослужащих по призыву в условиях Арктической зоны Российской Федерации. *Медицина катастроф*. 2020;3:47–51. Kirichenko NN, Novitsky AA. Prevention of violation of micronutrient status of conscripts in arctic zone of Russian Federation. *Disaster Medicine*. 2020;3:47–51 (In Russ.). <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2020-3-47-51>
- Новикова ИИ, Романенко СП, Семенихина МВ, Кругляков ПВ, Дегтева ГН, Рождественская ЛН и др. Оценка включения витаминно-минерального комплекса в рацион организационного питания работающих в условиях Арктической зоны. *Российская Арктика*. 2023;5(3):40–7. Novikova II, Romanenko SP, Semikhina MV, Kругlyakov PV, Degtyareva GN, Rozhdestvenskaya LN, et al. Assessment of the inclusion of vitamin and mineral complex in the organizational nutrition of workers in the Arctic zone. *Russian Arctic*. 2023;5(3):40–7 (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-3-40-47>
- Попов ВГ, Белина СА. Актуальность создания специализированных продуктов питания для населения, проживающего в условиях Арктики. *Научные труды КубГТУ*. 2016;14:905–13. Popov VG, Belina SA. The urgency of creation of specialized foods for people living in Arctic conditions. *Scientific works of KubSTU*. 2016;14:905–13 (In Russ.). EDN: [ZHJSOV](#)
- Гудков АБ, Дегтева ГН, Шепелева ОА. Экологические и гигиенические проблемы на Арктических территориях интенсивной промышленной деятельности (обзор). *Общественное здоровье*. 2021;1(4):49–55. Gudkov AB, Degtyareva GN, Shepeleva OA. Ecological and hygienic problems in Arctic territories of intensive industrial activity (review). *Public Health*. 2021;1(4):49–55 (In Russ.). <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2021-1-4-49-55>
- Дегтева ГН, Гудков АБ, Новикова ИИ, Шепелева ОА, Попова ОН. Обоснование внедрения профилактического питания с использованием продуктов местной сырьевой базы для вахтовых работников арктического региона: обзор литературы. *Морская Медицина*. 2022;8(2):7–18. Degtyareva GN, Gudkov AB, Novikova II, Shepeleva OA, Popova ON. Introduction of preventive nutrition based on local raw food products for rotational employees in the arctic region: a review. *Marine Medicine*. 2022;8(2):7–18 (In Russ.). EDN: [WXETWQ](#)
- Рахманов РС, Нарутдинов ДА, Богомолова ЕС, Разгулин СА, Аликуберов МХ, Непряхин ДВ. Оценка реакции организма военнослужащих в Арктике по показателям крови в условиях водопользования местными ресурсами. *Здоровье населения и среда обитания* — *ЗНисО*. 2023;31(7):48–54. Rakhmanov RS, Narutdinov DA, Bogomolova ES, Razgulin SA, Alikberov MKh, Nepryakhin DV. Assessment of the Body Response to Snowmelt Water Consumption in Military Personnel Serving in the Arctic Based on Blood Parameters. *Public Health and Life Environment* — *PH&LE*. 2023;31(7):48–54 (In Russ.). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-7-48-54>
- Рахманов РС, Богомолова ЕС, Нарутдинов ДА, Разгулин СА, Поздеева ТВ, Антюганов СН и др. Оценка гемограм у военнослужащих при различной длительности профессиональной деятельности в Арктике. *Санитарный врач*. 2024;6:422–32. Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Narutdinov DA, Razgulin SA, Pozdeeva TV, Antyuganov SN, et al., Evaluation of hemograms in military personnel with different duration of professional activity in the Arctic. *Sanitary Doctor*. 2024;6:422–32 (In Russ.). EDN: [CLGPIK](#)
- Дедов ИИ, Свириденко НЮ, Герасимов ГА, Петеркова ВА, Мищенко БП, Арбузова МИ и др. Оценка йодной недостаточности в отдельных регионах России. *Проблемы эндокринологии*. 2000;46(6):3–7. Dedov II, Sviridenko NYu, Gerasimov GA, Peterkova VA, Mishchenko BP, Arbuzova MI, et al. Assessment of iodine deficiency in certain regions of Russia. *Problems of Endocrinology*. 2000;46(6):3–7 (In Russ.). EDN: [RFDNNL](#)

15. Барковская ИА, Кручинин АГ, Рожкова ИВ. Дефицит йода в России: современное состояние проблемы, мировая практика и новые подходы к терапии. *Пищевые системы*. 2024;7(2):238–45.
Barkovskaya IA, Kruchinin AG, Rozhkova IV. Iodine deficiency in Russia: current state of the problem, global practice, and new approaches to therapy. *Food Systems*. 2024;7(2):238–45 (In Russ.).
<https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-238-245>
16. Груздева АЕ. Способ получения биокорректоров из натурального сырья. Патент Российской Федерации № 2399296; 2010.
Gruzdeva AE. *Method for producing biocorrectors from natural raw materials*. Patent of Russian Federation No. 2399296; 2010.
17. Скурихин ИМ, Тутельян ВА. Химический состав российских пищевых продуктов. М.: ДеЛи; 2002.
Skurikhin IM, Tutelyan VA. *Chemical composition of Russian food products*. Moscow: DeLi; 2002 (In Russ.).
18. Елисеева ЛГ, Блинная ОМ. Плоды аронии черноплодной — источник витаминно-минеральных комплексов. *Пищевая промышленность*. 2023;4:28–9.
Eliseeva LG, Blinnikova OM. Black chokeberry fruits — a source of vitamin and mineral complexes. *Food Industry*. 2023;4:28–9 (In Russ.).
EDN: [QJCRPZ](#)
19. Миневиц ИЭ. Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях. *Health, Food & Biotechnology*. 2019;1(2):97–120.
Minevich IE. Functional Significance of Flax Seeds and Practice of Their Use in Food Technologies. *Health, Food & Biotechnology*. 2019;1(2):97–120 (In Russ.).
<https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s224>
20. Елисеева Т, Ямпольский А. Брокколи (*Brassica oleracea* Broccoli Group). *Журнал здорового питания и диетологии*. 2020;11(1):12–24.
Eliseeva T, Yampolsky A. Broccoli (*Brassica oleracea* Broccoli Group). *Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*. 2020;11(1):12–24 (In Russ.).
21. Елисеева Т, Тарантул А. Морковь (лат. *Daucus carota* subsp. *sativus*). *Журнал здорового питания и диетологии*. 2018;6:44–54.
Eliseeva T, Tarantul A. Carrot (lat. *Daucus carota* subsp. *Sativus*). *Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*. 2018;6:44–54 (In Russ.).
22. Кароматов ИД, Ашурова НГ, Амонов КУ. Ламинария, морская капуста. *Биология и интегративная медицина*. 2017;2:194–213.
Karomatova ID, Ashurova NG, Amonov KU. Laminaria, seaweed. *Biology and Integrative Medicine*. 2017;2:194–213 (In Russ.).
EDN: [YJMBRL](#)
23. Тутельян ВА, Никитюк ДБ, Батурин АК, Васильев АВ, Гаппаров ММГ, Жилинская НВ и др. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи. *Вопросы питания*. 2020;89(4):24–34.
Tutelyan VA, Nikityuk DB, Baturin AK, Vasiliev AV, Gapparov MMG, Zhilinskaya NV, et al. Nutriome as a direction of the “main attack”: determination of physiological needs for macro- and micronutrients, minor biologically active substances of food. *Nutrition Issues*. 2020;89(4):24–34 (In Russ.).
EDN: [IXUPAM](#)
24. Гаркави ЛХ. Активационная терапия: антистрессорные реакции активации и тренировки и их использование для оздоровления, профилактики и лечения. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета; 2006.
Garkavi LKh. *Activation Therapy: Anti-Stress Reactions of Activation and Training and Their Use for Health Improvement, Prevention, and Treatment*. Rostov-on-Don: Rostov University Press; 2006 (In Russ.).
25. Рахманов РС, Нарутдинов ДА, Богомолова ЕС, Разгулин СА, Потехина НН. Оценка оптимизации питания военнослужащих в Арктике многокомпонентным продуктом, произведенным по критически низкотемпературной технологии: когортное исследование. *Морская медицина*. 2025;11(5):76–85.
Rakhmanov RS, Narutdinov DA, Bogomolova ES, Razgulin SA, Potekhina NN. Evaluation of nutrition optimization for military personnel in Arctic with a multicomponent product produced using critically low-temperature technology: cohort study. *Marine Medicine*. 2025;11(5):76–85 (In Russ.).
EDN: [KDRNPQ](#)
26. Рахманов РС, Богомолова ЕС, Нарутдинов ДА, Разгулин СА, Поздеева ТВ, Непряхин ДВ. Оценка состояния неспецифической резистентности организма военнослужащих по лейкограмме при различной профессиональной деятельности в Арктике. *Санитарный врач*. 2023;7:260–8.
Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Narutdinov DA, Razgulin SA, Pozdeeva TV, Nepryakhin DV. Evaluation of the state of nonspecific resistance of the body of military personnel by leukogram during various professional activities in the Arctic. *Sanitary Doctor*. 2023;7:260–8 (In Russ.).
<https://doi.org/10.33920/med-08-2307-05>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Р.С. Рахманов — разработка дизайна и концепции исследования, написание черновика рукописи; Д.А. Нарутдинов — сбор первичного материала, статистическая обработка материала; Е.С. Богомолова — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; С.А. Разгулин — литературный и информационный поиск.

Об авторах:

Рахманов Рофаиль Салыхович, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>
Нарутдинов Денис Алексеевич, д-р мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>
Богомолова Елена Сергеевна, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>
Разгулин Сергей Александрович, д-р мед. наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-447>

УДК 616-089:616.137.83



СЛЕПОЕ ОСКОЛОЧНОЕ РАНЕНИЕ ВЕТВИ ГЛУБОКОЙ БЕДРЕННОЙ АРТЕРИИ С ОТСРОЧЕННЫМ КРОВОТЕЧЕНИЕМ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

А.Н. Казанцев[✉], Д.Ю. Нескоромный, Н.А. Павленко, О.В. Алексеев

36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск Министерства обороны Российской Федерации, Россия

Введение. Осколочные ранения в ряде случаев сопровождаются повреждением магистральных артерий. От выбранной стратегии лечения на этапе военно-полевого госпиталя зависит дальнейший прогноз жизни военнослужащего.

Описание клинического случая. Представлено успешное хирургическое лечение военнослужащего в военно-полевом госпитале с осколочным слепым ранением бедра и отрывом ветви глубокой бедренной артерии, проявившимся через сутки после первичной хирургической обработки раны и удаления металлического осколка снаряда. Выполнена открытая операция — лигирование ветви глубокой бедренной артерии с удалением пульсирующей гематомы. Послеоперационный период протекал без особенностей.

Выводы. Получены убедительные данные о необходимости проведения ультразвукового исследования сосудов при осколочном ранении во всех случаях, даже при отсутствии признаков кровотечения. При разрыве ветви глубокой артерии бедра ее лигирование в условиях военно-полевого госпиталя является эффективным и безопасным методом хирургической коррекции.

Ключевые слова: пульсирующая гематома бедра; разрыв ветви глубокой бедренной артерии; первая прободающая артерия; осколочное ранение; кровотечение; военно-полевой госпиталь

Для цитирования: Казанцев А.Н., Нескоромный Д.Ю., Павленко Н.А., Алексеев О.В. Слепое осколочное ранение ветви глубокой бедренной артерии с отсроченным кровотечением: клинический случай. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):464–471. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-447>

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. От пациента получено письменное информированное добровольное согласие на публикацию описания клинического случая, обезличенных медицинских данных и фотографий.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Казанцев Антон Николаевич dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Статья поступила: 13.01.2026 **После доработки:** 03.02.2026 **Принята к публикации:** 06.02.2026 **Online first:** 23.04.2026

BLIND FRAGMENT INJURY OF A BRANCH OF THE DEEP FEMORAL ARTERY WITH DELAYED HEMORRHAGE: A CLINICAL CASE

Anton N. Kazantsev[✉], Dmitry Yu. Neskromny, Nikolay A. Pavlenko, Oleg V. Alekseev

36th Separate Medical Detachment (Airborne) of the Russian Airborne Troops, Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia

Introduction. In some cases, fragment wounds are accompanied by damage to major arteries. The choice of a treatment strategy at the stage of military-field hospital care determines the life prognosis of the serviceman.

Case description. A case of successful surgical treatment of a serviceman in a military field hospital is presented. The case involved a blind fragment wound to the thigh with avulsion of a branch of the deep femoral artery, which manifested 24 h after the initial surgical debridement of the wound and removal of a metallic shell fragment. An open surgery with ligation of the branch of the deep femoral artery with removal of the pulsatile hematoma was performed. The postoperative period proceeded without complications.

Conclusions. Convincing data on the necessity of conducting ultrasound examination of blood vessels in cases of fragment wounds in all instances, even in the absence of signs of hemorrhage, were obtained. In the case of a ruptured branch of the deep femoral artery, its ligation under the conditions of a military field hospital is an effective and safe method of surgical correction.

Keywords: pulsatile hematoma of the thigh; rupture of a branch of the deep femoral artery; first perforating artery; fragment wound; hemorrhage; military field hospital

For citation: Kazantsev A.N., Neskromny D.Yu., Pavlenko N.A., Alekseev O.V. Blind fragment injury of a branch of the deep femoral artery with delayed hemorrhage: A clinical case. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):464–471. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-447>

Funding. This work was carried out without external funding.

Compliance with the ethical principles. The patient provided written informed voluntary consent for the publication of the clinical case description, depersonalized medical data and photographs.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Anton N. Kazantsev dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Received: 13 Jan. 2026 **Revised:** 3 Feb. 2026 **Accepted:** 6 Feb. 2026 **Online first:** 23 Apr. 2026

© А.Н. Казанцев, Д.Ю. Нескоромный, Н.А. Павленко, О.В. Алексеев, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Согласно анализу современных боевых травм доля осколочных ранений значительно превышает долю огнестрельных пулевых. В частности, проведенные исследования показывают, что повреждения, вызванные элементами взрывных устройств, составляют до 75–80% всех ранений, что определяет полиморфный характер травмы с преобладанием множественных повреждений мягких тканей, костей, магистральных сосудов и периферических нервов [1–3]. Данная специфика напрямую влияет на тактику диагностики и лечения, повышая роль методов визуализации, таких как ультразвукография, для точной интраоперационной оценки состояния нервно-сосудистых структур [1].

В современных военных конфликтах осколочные ранения конечностей представляют подавляющее большинство боевых травм [1–3]. При этом в ряде случаев поражающие элементы приводят к разрыву магистральных артерий [4, 5]. При ранении на поле боя военнослужащий самостоятельно или с помощью сослуживцев накладывает себе жгут и далее эвакуируется в медицинский пункт батальона (уровень 1), где оказывают первую доврачебную помощь (перевязка, инфузия препаратов и т.д.) [6]. Затем выполняют транспортировку в военно-полевой госпиталь (уровень 2). На данном этапе могут проводиться операции, направленные на стабилизацию состояния и сохранение жизни раненого [6]. При наличии данных о повреждении артерий выполняют либо установку временного шунта, либо, при наличии достаточного технического обеспечения, — реконструктивное вмешательство [6–8].

Цель работы — демонстрация результата хирургического лечения пациента со слепым осколочным ранением бедра, отрывом ветви глубокой бедренной артерии и формированием пульсирующей гематомы спустя сутки после ранения.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Военнослужащий, мужчина 30 лет, поступил в военномедицинский госпиталь (уровень 2). При выполнении

боевого задания в зоне боевых действий получил осколочное слепое ранение левого бедра. Кровотечения при ранении не отмечалось, необходимости в наложении жгута не было. После этого в течение часа произведена эвакуация в ближайший военно-полевой госпиталь. При поступлении пострадавший предъявлял жалобы на боль в области раны.

Объективные данные. Сознание ясное (15 баллов по шкале Глазго). Гемодинамика стабильная, артериальное давление 125/70 мм рт. ст., частота сердечных сокращений 78 в мин, SpO₂ 99%.

Общее состояние: согласно шкале «Военно-полевая хирургия, состояние при поступлении» — удовлетворительное (12 баллов), «Военно-полевая хирургия — повреждение» — определяется легкое повреждение (0,05 балла) [6, 9, 10].

Локальный статус: на наружной поверхности верхней трети левого бедра — рана диаметром 1 см, без отделяемого, дно раны — мышечная ткань. Данных за наличие гематомы/кровоотечения нет. Общий анализ крови: в пределах референсных значений.

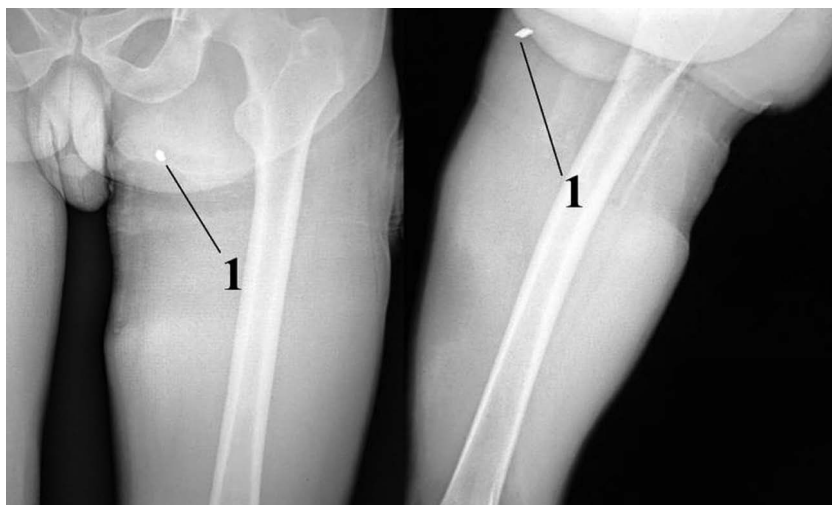
На рентгенограмме левого бедра — признаки инородного тела металлической плотности в мягких тканях внутренней поверхности верхней трети левого бедра (рис. 1).

Основной диагноз: слепое осколочное ранение мягких тканей левого бедра с повреждением глубокой бедренной артерии, с формированием пульсирующей гематомы.

Медицинские вмешательства

В экстренном порядке (через 10 мин после поступления) выполнено оперативное вмешательство: через отдельный разрез на внутренней поверхности бедра проведено удаление осколка (рис. 2). Время от момента ранения до первичной хирургической обработки составило 1 ч 30 мин.

Спустя сутки при ходьбе развилось артериальное кровотечение из операционной раны бедра, через которую было удалено инородное тело. При этом гемодинамика была стабильная,



Снимок подготовлен авторами

Рис. 1. Рентгенография левого бедра. 1 — инородное тело металлической плотности в мягких тканях внутренней поверхности левого бедра

артериальное давление 114/75 мм рт. ст., частота сердечных сокращений 85 в мин, SpO₂ 99%. При осмотре в проекции операционной раны определяли пульсирующее эластичное образование, безболезненное при пальпации, диаметром около 5 см. Выполнено тампонирующее прижатие раны с последующим пальцевым прижатием (рис. 3).

Для уточнения причины развития кровотечения выполнено ультразвуковое исследование с цветным дуплексным сканированием. Выявлены пульсирующая гематома левого бедра объемом около 30 мл, паравазальный кровоток в проекции глубокой бедренной артерии (рис. 4).

Ввиду наличия продолжающегося кровотечения консилиумом в составе сердечно-сосудистого хирурга, травматолога, хирурга, анестезиолога принято решение об оперативном лечении. Под внутривенной анестезией выполнен разрез тканей по медиальной поверхности бедра, проксимальнее ранения, выделены общая бедренная артерия, поверхностная бедренная артерия, глубокая бедренная артерия.



Фотография выполнена авторами

Рис. 2. Металлический осколок, удаленный из мягких тканей левого бедра



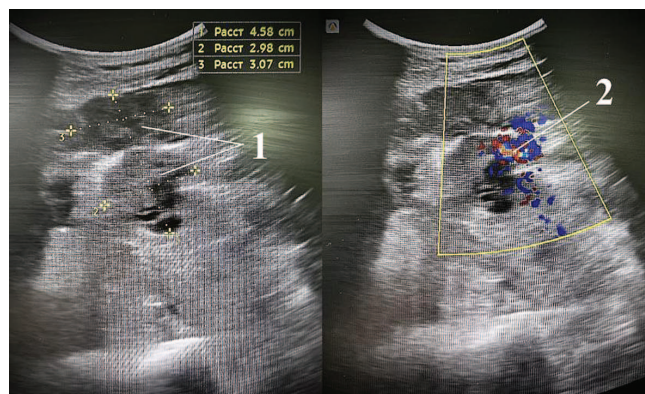
Фотографии выполнены авторами

Рис. 3. Локальный статус через сутки после ранения. 1 — рана на внутренней поверхности бедра, через которую был удален металлический осколок; 2 — рана на наружной поверхности бедра — место ранения

Введено 5000 ЕД нефракционированного гепарина внутривенно струйно. Выполнено пережатие артерий. Произведено продление разреза тканей по ходу глубокой артерии бедра, вскрытие гематомы с удалением тромботических масс объемом до 30 мл (рис. 5).

Затем визуализирован источник кровотечения — разрыв ветви глубокой артерии бедра — первой прободающей артерии (рис. 6А). Ввиду ее незначительного размера (2 мм) и функционирующих второй/третьей прободающих артерий выполнено ее лигирование (рис. 6Б). На рану были наложены швы с установкой дренажа. Время операции составило 45 мин, кровопотеря — 10 мл.

Послеоперационный период протекал без особенностей. Применялась следующая терапия: цефтриаксон 1,0 г 2 раза/сут внутримышечно — в течение 7 сут; кеторолак 1,0 мл 2 раза/сут внутримышечно — в течение 3 сут. Дренаж удален через 2 сут после операции, швы удалены через 14 сут после операции. Военнослужащий выписан и вернулся к исполнению служебных обязанностей на 30 сут после операции.



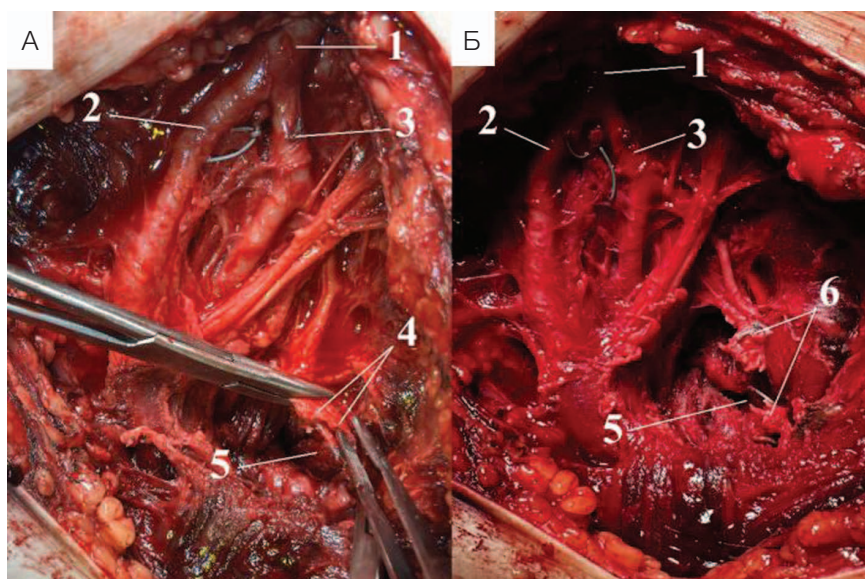
Снимки подготовлены авторами

Рис. 4. Ультразвуковое исследование с цветным дуплексным сканированием сосудов левого бедра. 1 — пульсирующая гематома левого бедра; 2 — паравазальный кровоток в проекции глубокой бедренной артерии



Фотография выполнена авторами

Рис. 5. Тромботические массы из полости пульсирующей гематомы левого бедра



Фотографии выполнены авторами

Рис. 6. Интраоперационные фотографии. А — выделение места разрыва ветви глубокой бедренной артерии (первая прободающая артерия); Б — лигирование ветви глубокой бедренной артерии (первая прободающая артерия); 1 — общая бедренная артерия; 2 — поверхностная бедренная артерия; 3 — глубокая бедренная артерия; 4 — место разрыва первой прободающей артерии; 5 — полость гематомы бедра; 6 — место лигирования культи первой прободающей артерии

ОБСУЖДЕНИЕ

Боевые повреждения магистральных артерий представляют собой одну из наиболее сложных и жизнеугрожающих категорий боевой хирургической травмы. Их особенностью является высокая летальность на догоспитальном этапе и значительный риск потери конечности даже при своевременно оказанной квалифицированной помощи. Современные вооруженные конфликты, характеризующиеся применением высокоскоростного огнестрельного оружия и взрывных устройств с массовым осколочным поражением, формируют новые, более комплексные типы повреждений, где артериальная травма редко бывает изолированной [11, 12]. Эволюция подходов к лечению, включающая внедрение тактической медицины, концепции контролируемого повреждения (Damage Control Surgery) и развитие систем этапной медицинской эвакуации, кардинально изменила исходы для раненых. Однако проблема остается крайне актуальной, что подтверждается постоянным появлением новых исследований, освещающих как организационные, так и сугубо клинические аспекты данной патологии.

Эпидемиология и механизмы повреждений

Анализ крупных исследований является основой для понимания структуры и масштаба проблемы. Исследование A.E. Sharrock и соавт., основанное на анализе 597 проникающих ранений артерий нижних конечностей у военнослужащих международной коалиции, подтверждает, что эта локализация является преобладающей в боевых условиях, составляя основную долю всех сосудистых повреждений [13]. Поверхностная бедренная и подколенная артерии

лидируют по частоте поражения, что имеет критическое значение для прогноза жизнеспособности конечности [13, 14].

Механизм ранения является ключевым фактором, определяющим тяжесть повреждения и исход. Проводится четкое различие между огнестрельными (пулевыми) и взрывными (осколочными) ранениями. Исследование J.J. Siracuse и соавт., выполненное на гражданской популяции, но с фокусом на огнестрельной этиологии, демонстрирует, что огнестрельные ранения сосудов нижних конечностей сопряжены со статистически значимо более высоким риском ампутации (в 2,5 раза) и летального исхода (в 3,4 раза) по сравнению с другими видами проникающей травмы [15]. Авторы связывают это с высокой кинетической энергией, вызывающей обширную зону первичного и вторичного некроза.

Более детальную дифференциацию вносит работа D. Prat и соавт., посвященная травме верхних конечностей в условиях современного конфликта [16]. Сравнительный анализ показал, что взрывные поражения статистически значимо чаще приводят к множественным и двусторонним повреждениям, более обширным дефектам мягких тканей и требуют большего количества этапов хирургического лечения по сравнению с огнестрельными. Это различие напрямую влияет на хирургическую тактику и планирование реконструктивных мероприятий [16].

Отдельную, уязвимую и сложную в диагностическом и лечебном плане категорию составляют дети в зонах конфликтов. Пятилетний обзор, проведенный A.A. Ali и соавт. в Сомали, выявил специфические паттерны детской сосудистой травмы: более высокая частота ятрогенных повреждений, позднее поступление (более 6 ч), а также анатомические особенности

(малый диаметр сосудов), затрудняющие выполнение реконструктивных операций [17].

Диагностика и организация помощи

Диагностический алгоритм начинается на поле боя в рамках Tactical Combat Casualty Care (TCCC), где ключевым элементом является быстрое выявление жизнеугрожающего кровотечения и применение турникетов (TCCC — это протокол по тактической медицине, который описывает действия, которые должен выполнить боец, оказывающий помощь товарищу на поле боя. Дословно — «тактическая боевая помощь пострадавшим») [18]. В условиях лечебного учреждения диагностика основывается на клинической картине (признаки острой ишемии) и инструментальных методах. Золотым стандартом остается ангиография, однако ее выполнение не всегда возможно в остром периоде (в течение часа). Ультрасонография является быстрым и эффективным скрининговым методом [19]. Клинический случай, описанный V. Yatsun и соавт., где ранение бедренных сосудов было диагностировано и прооперировано на 4 сут, подчеркивает важность постоянной настороженности даже при отсроченном обращении [19].

Организация помощи является критическим фактором успеха. Исследование P. Priyadarshini и соавт. убедительно доказывает, что внедрение протоколизированного подхода на всех этапах, от догоспитального применения турникетов до стандартизированных операционных алгоритмов, статистически значимо повышает выживаемость и снижает частоту ампутаций [18]. Современная система строится на принципах этапного лечения с эвакуацией по назначению, где передовые хирургические отряды (уровень 2) выполняют жизнеспасующие вмешательства по принципу Damage Control Surgery (DCS), а окончательная реконструкция осуществляется в тыловых специализированных центрах (Role 4/5) [1, 20].

Хирургические методы лечения и их эволюция

Основной задачей при травме сосудов является быстрое и надежное восстановление магистрального кровотока. Ключевой вехой в военно-полевой сосудистой хирургии стало широкое внедрение техники временного шунтирования. Исследование S.M. Gifford и соавт., остающееся методологической основой хирургического подхода, продемонстрировало, что применение временных шунтов при повреждениях сосудов конечностей в рамках «Глобальной войны с терроризмом» привело к значительному снижению уровня первичных ампутаций [21]. Шунтирование позволяет немедленно восстановить перфузию, прекратить прогрессирование ишемии и выиграть время для стабилизации пациента, проведения необходимого ортопедического этапа (внешняя фиксация) и последующей эвакуации для выполнения окончательной реконструкции в оптимальных условиях [20, 21].

Окончательная реконструкция артерии, как правило, выполняется с использованием аутовенозного трансплантата (чаще большая подкожная вена), который считается «золотым стандартом» хирургического

лечения благодаря лучшей устойчивости к инфекции по сравнению с синтетическими материалами [14, 20]. Лигирование магистральных артерий в современной практике применяется ограниченно, в основном при повреждениях сосудов с развитой коллатеральной сетью или при реализации принципа DCS как мера отчаяния для спасения жизни пациента.

Опыт отдельного центра, представленный в работе М. Кателенец и соавт., обобщает современные технические аспекты и организационные принципы успешного лечения боевых повреждений сосудов конечностей, подчеркивая важность мультидисциплинарного подхода с участием сосудистых, ортопедических и пластических хирургов [20].

Особенности повреждений различных сосудистых бассейнов

- Травма сосудов нижних конечностей — наиболее частая и прогностически неблагоприятная для состояния и дальнейших прогнозов течения патологии. Ранения подколенной артерии в силу анатомических особенностей имеют наихудший прогноз, а повреждение в сочетании с венозной травмой и сложным переломом традиционно ассоциируется с высоким риском ампутации [13, 15]. Тактика включает срочное шунтирование, обязательную фасциотомию и отсроченную окончательную реконструкцию [13, 15, 20].
- Травма сосудов шеи относится к категории наиболее опасных. Исследование M. Katsura и соавт. по хирургическому лечению проникающих ранений сонной артерии привнесло важный прогностический критерий: исход напрямую коррелирует с неврологическим статусом пациента до операции [22]. У пациентов в коме или с тяжелым неврологическим дефицитом (≤ 8 по шкале комы Глазго) реваascularизация была сопряжена с высокой летальностью, в то время как у пациентов в ясном сознании она давала хорошие результаты. Это требует индивидуального подхода, учитывающего не только анатомию повреждения, но и состояние мозгового кровотока [22].
- Редкие локализации. Описаны случаи повреждения даже мелких артерий, таких как язычная, с формированием угрожающей жизни псевдоаневризмы, проявляющейся повторными ротовыми кровотечениями [23].

Отдаленные и редкие осложнения

Особого внимания заслуживают отсроченные осложнения, способные манифестировать спустя многие годы и даже десятилетия после травмы, что требует пожизненного диспансерного наблюдения за данной категорией пациентов.

- Ложные аневризмы (псевдоаневризмы) формируются при неполном разрыве артериальной стенки. В литературе описаны случаи гигантских псевдоаневризм, развившихся через 24 года после огнестрельного ранения подколенной артерии и через несколько месяцев после травмы поверхностной бедренной артерии [17, 24]. Эти случаи

демонстрируют, что нераспознанное или получившее неадекватное лечение повреждение сосудов представляет собой «бомбу замедленного действия».

- Травматические артериовенозные фистулы (АВФ) образуются при сочетанном ранении артерии и сопутствующей вены. Уникальный клинический пример, описанный R. Nagra и соавт., иллюстрирует диагностику и успешное лечение АВФ через 58 лет после боевого взрыва [24]. Длительное существование фистулы привело к развитию сердечной недостаточности, что потребовало хирургической коррекции во взрослом возрасте.

Функциональные исходы и качество жизни

Вопрос об оптимальном выборе между спасением конечности и первичной ампутацией остается дискуссионным. Вторичный анализ данных исследования METALS, выполненный A.E. Levack и соавт., показали, что уровень травмы имеет значение для долгосрочного функционального результата [25]. Пациенты со сложными повреждениями на уровне голени, которым удалось сохранить конечность после многоэтапных реконструкций, в отдаленном периоде могли иметь худшие функциональные показатели и качество жизни по сравнению с теми, кому была выполнена первичная ампутация ниже колена с последующим качественным протезированием [25]. Это не призыв к более радикальной тактике, а аргумент в пользу строго индивидуального, мультидисциплинарного подхода, учитывающего не только техническую возможность реваскуляризации, но и прогнозируемый функциональный результат, перспективы реабилитации и психосоциальные аспекты.

Авторы провели сравнительный анализ представленного клинического случая с данными литературы по отсроченным проявлениям артериальных повреждений, уделяя особое внимание диагностическим и тактическим особенностям, обусловленным уровнем оказания медицинской помощи.

Интерес данного случая обусловлен его нетипичным, отсроченным течением. В отличие от классического сценария боевой сосудистой травмы, когда разрыв магистральной артерии приводит к профузному, жизнеугрожающему кровотечению непосредственно на поле боя, требующему немедленного применения кровоостанавливающих жгутов и турникетов и срочного хирургического гемостаза в рамках тактики DCS, в представленном наблюдении клиническая картина развилась лишь через 48 ч после получения ранения. Данный паттерн сближает наш случай с редкими, описанными в литературе, примерами отсроченных осложнений. В частности, Б.Р. Мартиросян и соавт. описали разрыв ветви глубокой артерии бедра, манифестировавший массивной гематомой только через 26 сут после ранения и эвакуации в тыловой специализированный центр [7]. Однако между этими двумя клиническими ситуациями существует принципиальное и показательное различие в выборе лечебно-диагностической тактики, которое напрямую вытекает из уровня оказания медицинской помощи и доступного оснащения. В условиях многопрофильного

специализированного госпиталя (уровень 4/5), описанного в литературе, была применена ангиография и выполнено высокотехнологичное эндоваскулярное вмешательство (имплантация стента с эмболизацией). В нашем же случае пациент находился в условиях передового хирургического отделения (уровень 2), приближенного к линии боевого соприкосновения, где спектр диагностических методов, как отмечено ранее в обсуждении, ограничен рентгенографией и ультразвуковым исследованием. Именно этим ограничением был продиктован выбор тактики: диагностика основывалась на данных УЗИ, которое выявило выраженное пристеночное тромбообразование в зоне травмы (рис. 4), а лечение заключалось в открытой хирургической ревизии и лигировании сосуда под интраоперационной ультразвуковой навигацией.

Сложность диагностики в подобных случаях отсроченного кровотечения из мелких артериальных ветвей, подобной нашей, усугубляется их патофизиологией. Постепенное скопление крови в обширном межмышечном пространстве бедра приводит к тампонаде и формированию организованной гематомы с тромбозом, что может временно стабилизировать состояние. Кровотечение может возобновиться и проявиться наружу, как в нашем случае, лишь при изменении давления — при попытке пациента встать и начать ходьбу через 2 сут. Важным анатомическим нюансом стало то, что раневой канал изначально был прикрыт изнутри плотной широкой фасцией бедра, что также способствовало задержке клинической манифестации.

Таким образом, представленный клинический пример служит наглядной иллюстрацией практической реализации общих принципов этапного лечения боевой травмы (DCS, первичная хирургическая обработка на передовом этапе) и адаптации диагностического алгоритма (приоритет УЗИ) в конкретной, сложной ситуации с отсроченным проявлением повреждения периферической артерии. Он подчеркивает, что успешный исход зависит не только от хирургической техники, но и от четкого понимания возможностей и ограничений конкретного этапа медицинской эвакуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ультразвуковое исследование сосудов при осколочном ранении необходимо во всех случаях, даже при отсутствии признаков кровотечения. При разрыве ветви глубокой артерии бедра ее лигирование в условиях военно-полевого госпиталя — эффективный и безопасный метод хирургической коррекции.

Современная литература отражает значительный прогресс в понимании и лечении боевой артериальной травмы. Сформировалась четкая парадигма, основанная на протоколизированном догоспитальном этапе, стратегии DCS с активным использованием временного шунтирования, этапной эвакуации и окончательной мультидисциплинарной реконструкции в специализированных центрах. Акцент сместился не только на спасение жизни, но и на оптимизацию долгосрочного функционального результата. При этом особую значимость приобретает проблема поздних сосудистых осложнений, таких как псевдоаневризмы и артериовенозные фистулы, способные

развиваться спустя десятилетия, что диктует необходимость организации систем пожизненного наблюдения за ветеранами. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование

эндоваскулярных методов в полевых условиях, разработку биоискусственных кондуитов и углубленный анализ отдаленных психосоциальных и функциональных исходов.

Литература / References

1. Гумерова ЭА, Дубровских СН, Татарина АВ, Степанова ЮА, Авилова ЕП. Эффективность ультразвуковой диагностики в комплексном подходе к ведению пациентов с повреждением периферических нервов при огнестрельной травме конечностей: клиническое наблюдение. *Госпитальная медицина: наука и практика*. 2025;8(3):48–52.
Gumerova EA, Dubrovskikh SN, Tatarina AV, Stepanova YuA, Avilova EP. Effectiveness of ultrasonic diagnostics in a comprehensive approach to the care of patients with peripheral nerve injury in gunshot trauma of the extremities: a case study. *Hospital Medicine: Science and Practice*. 2025;8(3):48–52 (In Russ.).
EDN: [CWPIAS](#)
2. Васильченко МВ, Волчков ВА, Бунин СА, Рычков ВЛ, Румянцев АВ, Волчков ГВ. Анализ структуры боевых травм, полученных в ходе специальной военной операции (по опыту оказания квалифицированной и специализированной хирургической помощи в многопрофильном стационаре). *Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе*. 2025;18(1):16–22.
Vasilchenko MV, Volchkov VA, Bunin SA, Rychkov VL, Rummyantsev AV, Volchkov GV. Analysis of the structure of combat injuries sustained during special military operation (based on the experience of providing qualified and specialized surgical care in a multidisciplinary hospital). *Emergency Surgery Named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;18(1):16–22 (In Russ.).
EDN: [UWELQM](#)
3. Тришкин ДВ, Крюков ЕВ, Давыдов ДВ, Хомянец ВВ, Брижань ЛК, Конокотин ДА. Развитие концепции оказания медицинской помощи раненым с повреждениями опорно-двигательного аппарата в современных условиях. *Военно-медицинский журнал*. 2024;345(5):4–11.
Trishkin DV, Kryukov EV, Davydov DV, Khominets VV, Brizhany LK, Konokotin DA. Development of the concept of providing medical care to wounded with injuries to the musculoskeletal in modern conditions. *Military Medical Journal*. 2024;345(5):4–11 (In Russ.).
EDN: [TALTJH](#)
4. Тенишев РР, Казанцев АН, Беляй ЖМ, Шишкин АГ, Кошиль ЮЕ, Якимавичус РП и др. Результаты хирургического лечения пациентов с ложными аневризмами периферических артерий в военно-полевом госпитале зоны специальной военной операции. *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(S10):67–73.
Tenishev RR, Kazantsev AN, Belyai ZhM, Shishkin AG, Koshil YuE, Yakimavichus RP, et al. Surgical treatment of patients with peripheral artery pseudoaneurysm in a field hospital within Special Military Operation. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(S10):67–73 (In Russ.).
<https://doi.org/10.15829/15604071-2025-6477>
5. Стеклов ВИ, Красников МП, Горин ДЮ, Морозова НВ. Клинический случай разобщения посттравматической артериовенозной фистулы на голени. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2025;9:128–33.
Steklov VI, Krasnikov MP, Gorin DYU, Morozova NV. Dissociation of posttraumatic arteriovenous fistula on the leg. *The Journal Named after N.I. Pirogov*. 2025;9:128–33 (In Russ.).
<https://doi.org/10.17116/hirurgia2025091128>
6. Усмонов УД. Современные проблемы организации хирургической помощи при неогнестрельных ранениях мягких тканей военнослужащих в системе медицинского обеспечения войск. *Экономика и социум*. 2025;131(4-2):1024–30.
Usmonov UD. Modern issues in the organization of surgical care for non-gunshot soft tissue injuries in military personnel within the system of medical support for the armed forces. *Economics and Society*. 2025;131(4-2):1024–30 (In Russ.).
EDN: [FHSHSY](#)
7. Мартиросян БР, Заргаров КВ, Шургая ТД, Чехленков ПА, Кузнецов АМ, Мелконян ГГ. Эндоваскулярное лечение ложной аневризмы ветви глубокой бедренной артерии после сочетанного минно-взрывного ранения. *Эндоваскулярная хирургия*. 2024;11(4):513–20.
Martirosyan BR, Zargarov KV, Shurgaya TD, Chekhlenkov PA, Kuznetsov AM, Melkonyan GG. Endovascular treatment of a false aneurism of a branch of the deep femoral artery after a combined mine-explosion wound. *Endovascular Surgery*. 2024;11(4):513–20 (In Russ.).
EDN: [CZKAKE](#)
8. Холматов ВН, Казанцев АН, Болибок НВ, Беляй ЖМ, Тенишев РР, Гаптракипов ИХ. Хирургическое лечение минновзрывного ранения с формированием ложной аневризмы подколенной артерии в условиях военно-полевого госпиталя зоны специальной военной операции. *Политравма*. 2025;3:44–50.
Kholmatov VN, Kazantsev AN, Bolibok NV, Belyai ZhM, Tenishev RR, Gaptrakupov IKh. Surgical treatment of a mine-blast wound with the formation of a false aneurism of the popliteal artery in the conditions in a field hospital of the special military operation zone. *Polytrauma*. 2025;3:44–50 (In Russ.).
<https://doi.org/10.24412/1819-1495-2025-3-44-50>
9. Амарантов ДГ, Заривчацкий МФ, Холодарь АА, Ладейщиков ВМ, Денисов АС, Белокрылов НМ и др. Первичная оценка тяжести состояния как основа выбора стратегии диагностической и лечебной тактики у пациентов с сочетанной травмой. *Политравма*. 2021;4:18–27.
Amarantov DG, Zarivchatsky MF, Kholodar AA, Ladeyshchikov VM, Denisov AS, Belokrylov NM, et al. Primary assessment of the severity of the condition as the basis for choosing a strategy for diagnostic and therapeutic tactics in patients with combined trauma. *Polytrauma*. 2021;4:18–27 (In Russ.).
<https://doi.org/10.24412/1819-1495-2021-4-18-27>
10. Березка НИ, Литовченко ВА, Горячий ЕВ, Лапшин ДВ, Морозова ЮВ. Оптимизация хирургической тактики лечения пострадавших с политравмой с использованием шкал оценки тяжести состояния и повреждений. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация*. 2014;175(4):116–9.
Berezka NI, Litovchenko VA, Garyachiy EV, Lapshin DV, Morozova YuV. Optimization of surgical treatment patients with polytrauma using a scale evaluation of the damage severity and victims status. *Scientific Bulletins of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy*. 2014;175(4):116–9 (In Russ.).
EDN: [SGSXNL](#)

11. Katsura M, Jakob DA, Kelly B, Ikenoue T, Matsushima K, Demetriades D. Surgical Management of Penetrating Carotid Artery Injury: Preoperative Level of Consciousness Does Matter. *Journal of the American College of Surgeons*. 2025;240(1):1–10.
<https://doi.org/10.1097/xcs.0000000000001219>
12. Ali AA, Ahmed FM, Hussein AM, Abdi HK, Mohamed AO, Warsame Keilie AM, et al. Five-Year Review of Pediatric Vascular Trauma Patterns and Management in Conflict Zones: Insights from Somalia. *International Journal of General Medicine*. 2025;18:6881–8.
<https://doi.org/10.2147/IJGM.S546199>
13. Sharrock AE, Tai N, Perkins Z, White JM, Remick KN, Rickard RF, et al. Management and outcome of 597 wartime penetrating lower extremity arterial injuries from an international military cohort. *Journal of Vascular Surgery*. 2019;70(1):224–32.
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.11.024>
14. Nunes C, Lopes C, O'Neill Pedrosa J, Silva M, Orelhas L, Sousa J. Arterial Injuries In Lower Extremity Trauma — Outcomes Of A Single Center Study. *Portuguese Journal of Cardiac Thoracic and Vascular Surgery*. 2025;32(1):41–5.
<https://doi.org/10.48729/pjctvs.489>
15. Siracuse JJ, Farber A, Cheng TW, Jones DW, Kalesan B. Lower extremity vascular injuries caused by firearms have a higher risk of amputation and death compared with non-firearm penetrating trauma. *Journal of Vascular Surgery*. 2020;72(4):1298–304.e1.
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.12.036>
16. Prat D, Bloch A, Braun M, Givon A, Goldman S, Katorza E, et al. Do Gunshot and Explosion Injuries Differ in Severity and Management? A Multicenter Study of Upper Extremity Trauma in the 2023 Israel-Gaza Conflict. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2025;483(11):2047–55.
<https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000003618>
17. Ali AA, Hussein AM, Albay E, Siyad AAA, Hassan MO, Ahmed SA. A blunt traumatic giant pseudoaneurysm of the brachiocephalic artery: A case report from Somalia. *International Journal of Surgery Case Reports*. 2024;116:109329.
<https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2024.109329>
18. Priyadarshini P, Kaur S, Gupta K, Kumar A, Alam J, Bagaria D, et al. Protocolized approach saves the limb in peripheral arterial injury: A decade experience. *Chinese Journal of Traumatology*. 2025;28(1):62–8.
<https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2022.12.010>
19. Yatsun V, Yatsun O. Detection and Successful Treatment of Gunshot Wound to the Femoral Artery and Vein Four Days Post-incident: A Case Study. *Military Medicine*. 2025;190(11–12):e2620–3.
<https://doi.org/10.1093/milmed/usae564>
20. Katelenets M, Ginzburg V, Leytsin A, Shepovarov D, Abu Kush N, Elsaid I, et al. A single-center experience in the management of combat-related extremity vascular injuries. *Journal of Vascular Surgery*. 2025;82(6):1992–9.e1.
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2025.08.014>
21. Gifford SM, Aidinian G, Clouse WD, Fox CJ, Porras CA, Jones WT, et al. Effect of temporary shunting on extremity vascular injury: an outcome analysis from the Global War on Terror vascular injury initiative. *Journal of Vascular Surgery*. 2009;50(3):549–55.
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2009.03.051>
22. Katsura M, Kondo Y, Yasuda H, Fukuma S, Matsushima K, Shiraishi A, et al. Therapeutic strategies for pseudoaneurysm following blunt liver and spleen injuries: A multicenter cohort study in the pediatric population. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2023;94(3):433–42.
<https://doi.org/10.1097/ta.0000000000003813>
23. Buxo Z, Rexroth J, Johnson BS, Fessler RD, Carron M. Pseudoaneurysm of the Lingual Artery in a Patient with Facial Trauma from Gunshot Wounds. *The Journal of Craniofacial Surgery*. 2025;36(2):e122–4.
<https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000010788>
24. Nagra R, Kanan MF, Martin J, Serban R, Packianathan XR. Delayed Discovery and Repair of a Traumatic Arteriovenous Fistula (AVF) 58 Years After a Combat Explosion. *Cureus*. 2025;17(11):e97265.
<https://doi.org/10.7759/cureus.97265>
25. Levack AE, Reider L, Odum S, Hayda R, Frisch H, Andersen RC, et al. Outcomes of amputation and limb salvage in combat injuries: Does level of injury matter? A secondary analysis of Military Extremity Trauma Amputation/Limb Salvage (METALS) study data. *Injury*. 2025;56(4):112220.
<https://doi.org/10.1016/j.injury.2025.112220>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: А.Н. Казанцев — выполнение операции, подготовка черновика рукописи; Д.Ю. Нескоромный — ассистенция на операции, анализ литературы; Н.А. Павленко — сбор и обработка данных; О.В. Алексеев — анализ литературы, редактирование рукописи.

Об авторах:

Казанцев Антон Николаевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1115-609X>

Нескоромный Дмитрий Юрьевич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3436-7742>

Павленко Николай Александрович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4465-8245>

Алексеев Олег Валерьевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9120-7343>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-463>

УДК 616-089



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОГНЕСТРЕЛЬНОГО МНОГООСКОЛЬЧАТОГО ПЕРЕЛОМА ЛУЧЕВОЙ И ЛОКТЕВОЙ КОСТЕЙ С ДИСТАЛЬНЫМ ПОВРЕЖДЕНИЕМ МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДОВ ПРЕДПЛЕЧЬЯ В ВОЕННО-ПОЛЕВОМ ГОСПИТАЛЕ

А.Н. Казанцев[✉], А.И. Чаава, Д.Ю. Нескоромный, О.В. Алексеев

36 отдельный медицинский отряд (аэромобильный) воздушно-десантных войск Министерства обороны Российской Федерации, Россия

Введение. Современная боевая травма, особенно минно-взрывные ранения конечностей, часто приводит к тяжелым сочетанным повреждениям с неполными отрывами, критической ишемией и обширными дефектами тканей. Актуальность спасения конечности определяется медицинскими и социально-психологическими аспектами, однако реализация сложных реконструктивных методик в условиях военно-полевого госпиталя сопряжена с экстремальными факторами и требует адаптации принципов «контроля повреждений» (Damage Control Surgery).

Цель. На примере клинического случая проанализировать комплексный хирургический подход к спасению конечности при неполном травматическом отрыве кисти, осложненном сосудистой недостаточностью, в условиях военно-полевого госпиталя 2-го уровня.

Описание клинического случая. Представлено клиническое наблюдение минно-взрывного ранения левой верхней конечности у военнослужащего 38 лет с неполным отрывом кисти, многооскольчатыми переломами костей предплечья, обширным дефектом мягких тканей и критической ишемией. Лечение включало междисциплинарный консилиум и выполнение в одной операционной серии: 1) обширной первичной хирургической обработки раны; 2) внеочагового остеосинтеза лучевой кости комплектом стержневого военно-полевого остеосинтеза (КСВП); 3) микрохирургического аутовенозного протезирования лучевой артерии реверсированным трансплантатом из большой подкожной вены голени. Интраоперационный контроль осуществлялся с помощью пульсоксиметрии и ультразвукового ангиосканирования. В результате выполненной операции восстановлен магистральный артериальный кровоток в кисти (пульсация на лучевой артерии, SpO₂ 90% на пальце, скорость кровотока по поверхностной ладонной дуге 100 см/с по данным УЗАС). Состояние конечности после операции улучшилось: кисть стала теплой, розовой. Через 4 ч пациент был эвакуирован для дальнейшего этапного лечения. Успешная реваскуляризация на раннем этапе стала возможна благодаря последовательному сочетанию принципов Damage Control Surgery (радикальная первичная хирургическая обработка и минимально инвазивная стабилизация перелома) и сложной микрохирургической реконструкции. Ключевые факторы успеха: короткий срок ишемии, взвешенное решение консилиума, выбор отдаленного (голень) донорского участка для забора венозного трансплантата с целью снижения риска инфекции и сохранения венозного оттока на травмированной конечности. Случай демонстрирует возможность приближения элементов специализированной хирургической помощи на более передовые этапы медицинской эвакуации в современных условиях.

Выводы. Представленный опыт подтверждает, что спасение конечности при тяжелых боевых повреждениях с сосудистым компонентом возможно на этапе квалифицированной хирургической помощи (госпиталь 2-го уровня) при условии мультидисциплинарного подхода, готовности к выполнению микрохирургических вмешательств и строгого следования принципам этапного лечения. Успех начальной реваскуляризации является критически важным, но только первым этапом в длительном процессе последующих реконструктивных и реабилитационных мероприятий, направленных на восстановление функции.

Ключевые слова: боевая травма конечности; неполный травматический отрыв; критическая ишемия; Damage Control Surgery; военно-полевой госпиталь; этапное лечение; реваскуляризация; аутовенозное протезирование; микрохирургия; комплект стержневого военно-полевого остеосинтеза, КСВП

Для цитирования: Казанцев А.Н., Чаава А.И., Нескоромный Д.Ю., Алексеев О.В. Хирургическое лечение огнестрельного многооскольчатого перелома лучевой и локтевой костей с дистальным повреждением магистральных сосудов предплечья в военно-полевом госпитале. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):472–482. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-463>

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. От пациента получено письменное информированное добровольное согласие на публикацию описания клинического случая, обезличенных медицинских данных и фотографий.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Казанцев Антон Николаевич dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Статья поступила: 06.02.2026 **После доработки:** 03.03.2026 **Принята к публикации:** 11.03.2026 **Online first:** 05.08.2026

SURGICAL MANAGEMENT OF A GUNSHOT COMMINUTED FOREARM FRACTURE WITH DISTAL MAJOR VESSEL INJURY IN A FIELD HOSPITAL

Anton N. Kazantsev[✉], Aron I. Chaava, Dmitry Yu. Neskoromny, Oleg V. Alekseev

36th Separate Medical Detachment (Airmobile) of the Airborne Forces, Russia

Introduction. Modern combat trauma, especially mine-blast extremity injuries, often results in severe combined injuries with near-complete avulsions, critical ischemia, and extensive tissue defects. The relevance of limb salvage is determined by medical and socio-psychological aspects. However, the implementation of complex reconstructive techniques in a field military hospital setting is associated with extreme factors and requires adaptation of the “damage control” principles (Damage Control Surgery).

© А.Н. Казанцев, А.И. Чаава, Д.Ю. Нескоромный, О.В. Алексеев, 2026

Objective. To analyze a comprehensive surgical approach to limb salvage in cases of near-complete traumatic hand amputation complicated by vascular insufficiency, using a clinical case example in a level 2 field military hospital.

Case description. A clinical case of a mine-explosive injury to the left upper extremity in a 38-year-old serviceman is presented. The injury involved near-complete avulsion of the hand, comminuted fractures of the forearm bones, an extensive soft tissue defect, and critical ischemia. Treatment involved a multidisciplinary consultation and the execution of the following in a single surgical series: 1) extensive primary surgical debridement of the wound, 2) external fixation of the radius using a military external fixation kit, 3) microsurgical autovenous grafting of the radial artery with a reversed graft from the great saphenous vein of the leg. Intraoperative monitoring was performed using pulse oximetry and ultrasound angioscanning. As a result of the operation, main arterial blood flow to the hand was restored (pulsation in the radial artery, SpO₂ 90% on the finger, blood flow velocity in the superficial palmar arch 100 cm/s according to ultrasound angioscanning). The condition of the limb improved postoperatively: the hand became warm and pink. After 4 hours, the patient was evacuated for further staged treatment. Successful early revascularization was made possible by the sequential combination of Damage Control Surgery principles (radical primary surgical debridement and minimally invasive fracture stabilization) and complex microsurgical reconstruction. Key success factors included the short ischemia time, a carefully considered decision by the consultation, and the selection of a distant (lower leg) donor site for vein graft harvesting to reduce the risk of infection and preserve venous outflow in the injured limb. This case demonstrates the possibility of bringing elements of specialized surgical care to more forward stages of medical evacuation in modern armed conflicts.

Conclusions. This experience demonstrates that limb salvage in severe combat injuries with a vascular component is possible at the stage of qualified surgical care (Level 2 hospital), provided there is a multidisciplinary approach, readiness to perform microsurgical interventions, and strict adherence to the principles of staged treatment. The success of initial revascularization is critically important, but represents only the first step in a long process of subsequent reconstructive and rehabilitative measures aimed at restoring function.

Keywords: combat extremity injury; near-complete traumatic avulsion; critical ischemia; Damage Control Surgery; military field hospital; staged treatment; revascularization; autovenous grafting; microsurgery; military external fixation kit

For citation: Kazantsev A.N., Chaava A.I., Neskromny D.Yu., Alekseev O.V. Surgical management of a gunshot comminuted forearm fracture with distal major vessel injury in a field hospital. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):472–482. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-463>

Funding. The study was carried out without sponsorship.

Compliance with ethical principles. A written informed voluntary consent to publish a description of the clinical case, anonymized medical data and photographs was received from the patient.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Anton N. Kazantsev dr.antonio.kazantsev@mail.ru

Received: 6 Feb. 2026 **Revised:** 3 Mar. 2026 **Accepted:** 11 Mar. 2026 **Online first:** 5 Aug. 2026

ВВЕДЕНИЕ

Современные вооруженные конфликты, характеризующиеся массированным применением средств поражения взрывного действия, привели к значительному увеличению доли тяжелых, сочетанных и комбинированных повреждений опорно-двигательного аппарата. Особое место в структуре боевой хирургической травмы занимают минно-взрывные ранения конечностей, нередко сопровождающиеся их частичным или полным отрывом, обширными дефектами мягких тканей, многооскольчатыми переломами и критическим повреждением магистральных сосудов [1, 2]. Согласно данным анализа структуры санитарных потерь в ходе специальной военной операции наиболее сложными и прогностически неблагоприятными являются травмы конечностей с повреждением магистральных сосудов и нервов, предъявляя высочайшие требования к системе этапного лечения и медицинской эвакуации [3, 4].

Актуальность проблемы спасения конечности при неполном травматическом отрыве, осложненном сосудистой недостаточностью, обусловлена не только медицинскими, но и социально-психологическими аспектами, поскольку успешная реvascularизация позволяет сохранить функцию, предотвратить инвалидизацию и значительно улучшить качество жизни пациентов, преимущественно лиц молодого и трудоспособного возраста [5, 6]. Исторически, начиная с первой успешной реплантации конечности, совершенной 64 года назад, микрохирургические и рекон-

структивные технологии стали «золотым стандартом» в подобных ситуациях [6]. Однако реализация этих методик в условиях военно-полевого госпиталя, на этапе квалифицированной или специализированной медицинской помощи, сопряжена с рядом экстремальных факторов: ограниченностью ресурсов, продолжающимся поступлением раненых, необходимостью быстрого принятия решений в рамках концепции «контроля повреждений» (Damage Control Surgery) [7, 8].

Ключевым патогенетическим звеном, определяющим судьбу травмированной конечности, является ишемия, развивающаяся вследствие травмы магистральных артерий. Сроки восстановления адекватного кровотока напрямую коррелируют с риском развития необратимых некробиотических изменений и последующей ампутации [9, 10]. В условиях боевой травмы, осложненной массивным загрязнением раны, наличием обширной зоны первичного и вторичного некроза, выбор метода реvascularизации становится критически важным. Традиционные подходы, такие как первичный шов сосуда или аутовенозное шунтирование, требуют адаптации к реалиям военно-полевой хирургии [9, 10]. Особую сложность представляют случаи с протяженным дефектом артерии, когда для пластики необходимо использование сосудистого трансплантата, в роли которого чаще всего выступает аутовена [5, 9]. При этом выбор донорского участка (чаще большая подкожная вена голени) и техника забора должны учитывать общее состояние раненого, наличие сочетанных повреждений и потенциальный риск инфекционных осложнений [7].

Современные публикации, основанные на опыте работы в зоне СВО, активно освещают вопросы организации хирургической помощи, анализа структуры повреждений и применения новых технологий, включая комплекты стержневого военно-полевого остеосинтеза (КСВП) для стабилизации переломов и системы отрицательного давления для управления раной [1, 4, 7, 11]. Однако каждый клинический случай тяжелого неполного отрыва конечности, особенно верхней, с успешным восстановлением кровотока в полевых условиях представляет собой уникальный опыт, требующий детального анализа принятых тактических и технических решений. Это позволяет совершенствовать клинические рекомендации и алгоритмы действий для хирургов, работающих на передовых этапах медицинской эвакуации [12, 13].

В представленной статье на основании детального разбора клинического случая минно-взрывного ранения левой верхней конечности с неполным отрывом кисти и критической ишемией проводится анализ комплексного хирургического подхода, реализованного в условиях военно-полевой госпитали 2-го уровня. Особое внимание уделяется междисциплинарному консилиумному решению, сочетающему принципы «контроля повреждений» (массивная первичная хирургическая обработка (ПХО) раны, внеочаговый остеосинтез КСВП) с выполнением микрохирургической реваскуляризирующей операции — аутовенозного протезирования лучевой артерии реверсированной большой подкожной веной голени. Данный анализ вносит вклад в развитие тактики спасения конечности при тяжелых боевых повреждениях и дополняет современные представления о возможностях реконструктивно-восстановительной хирургии на ранних этапах оказания помощи в условиях вооруженного конфликта.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Военнослужащий, 38 лет. В ходе выполнения боевого задания в зоне СВО получил минно-взрывную травму левой верхней конечности после взрыва снаряда. После этого из раны развилось кровотечение, и военнослужащий самостоятельно наложил себе жгут на плечо. Далее выполнена эвакуация и госпитализация в военно-полевую госпиталь 2-го уровня (отдельный медицинский отряд) спустя 2 ч после ранения.

При поступлении сознание ясное (15 баллов по шкале Глазго). Состояние согласно шкалам военно-полевой хирургии (ВПХ):

- ВПХ-П (шкала ВПХ для оценки тяжести повреждений) — 2 балла — тяжелое повреждение;
- ВПХ-СП (шкала ВПХ для оценки тяжести состояния при поступлении) — 13 баллов — состояние средней тяжести.

Жалобы: боль в области раны, онемение и отсутствие чувствительности левой кисти.

Локальный статус левой верхней конечности: левая кисть холодная, синюшная. Пальпация кисти безболезненная, чувствительность отсутствует. В средней трети левого предплечья обширный дефект мягких тканей с наличием инородных тел, костных отломков. При ослаблении жгута кровотечение отсутствует. Имеется патологическая подвижность в проекции раны (признак перелома лучевой и локтевой костей). Кисть соединяется с предплечьем небольшим кожным лоскутом на медиальной поверхности предплечья и мягкими тканями наружно поверхности предплечья. В ране визуализированы разрывы мышц и сухожилий, разрывы сосудисто-нервных пучков (рис. 1).

Рентгенография левой верхней конечности: множественные инородные тела (металлические осколки),



Фотографии выполнены авторами

Рис. 1. Минно-взрывная травма левой верхней конечности с неполным отрывом кисти

многооскольчатые переломы диафизов лучевой и локтевой костей (рис. 2).

Общий анализ крови: лейкоциты $25,66 \times 10^9/\text{л}$; эритроциты $3,96 \times 10^{12}/\text{л}$; гемоглобин 139 г/л; гематокрит 32,99%; тромбоциты $267 \times 10^9/\text{л}$.

Установлен диагноз: минно-взрывное ранение левой верхней конечности. Множественное осколочное ранение левого предплечья с огнестрельными осколчатыми переломами диафизов лучевой и локтевой костей, с разрывом сосудисто-нервного пучка, с обширным дефектом мягких тканей. Травматический шок 2-й степени.

Ввиду наличия риска развития необратимой ишемии левой кисти, вероятности развития кровотечения, необходимости фиксации костных отломков и обширной первичной хирургической обработки раны военным консилиумом (травматолог, сосудистый хирург, хирург, анестезиолог) принято решение об оперативном лечении в военно-полевом госпитале (2-й уровень).

Ход операции: под эндотрахеальным наркозом выполнена обширная первичная хирургическая обработка раны с удалением инородных тел и некротизированных тканей. Затем выполнен монтаж КСВП (комплекта стержневого военно-полевого) на лучевую кость (рис. 3).

На левую локтевую кость установка КСВП не выполнялась ввиду крупных дефектов мягких тканей. Затем выполнено выделение культей локтевой и лучевой артерий. Культю артерий тромбированы. Диаметр локтевой артерии менее 2 мм, от реконструкции принято решение отказаться. Диаметр лучевой артерии 4 мм (рис. 4).

Выполнена резекция некротизированных участков артерии с тромботическими массами в них до здоровых тканей, получен удовлетворительный ретроградный кровоток. Диастаз между культями составил 4 см. В дистальную культю введено 50 мл гепаринизированного раствора (2,5 тыс. ЕД нефракционированного гепарина + 50 мл 0,9% NaCl), получен слабый



Снимок выполнен авторами

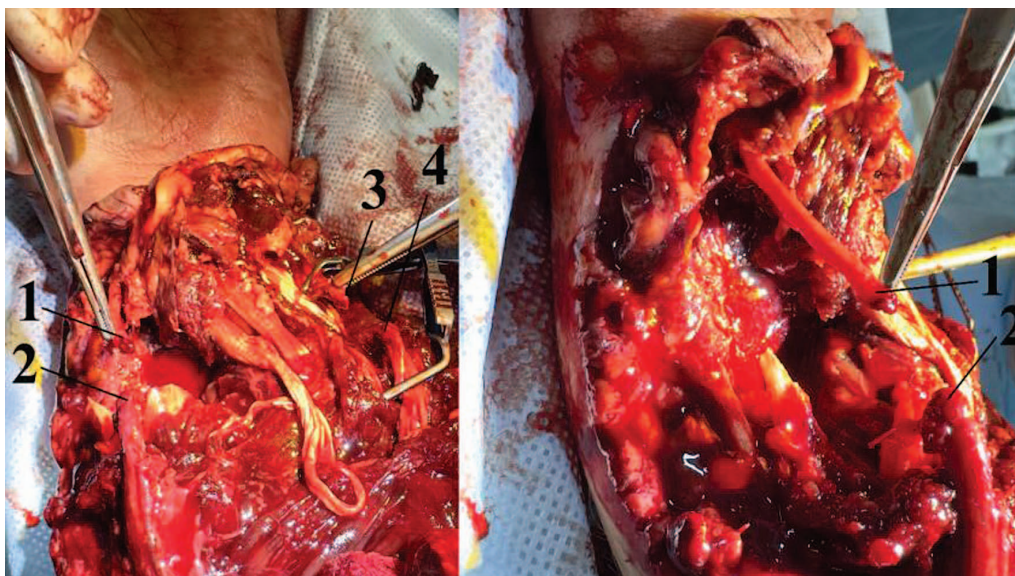
Рис. 2. Рентгенография левой верхней конечности: множественные инородные тела (металлические осколки), многооскольчатые переломы диафизов лучевой и локтевой костей

ретроградный кровоток (венозный). Культю артерии пережаты. Для дальнейшего протезирования артерии принято решение использовать аутовену. Ввиду дефицита сохраненных мягких тканей предплечья и инфицирования раны, с целью сохранения путей оттока (из



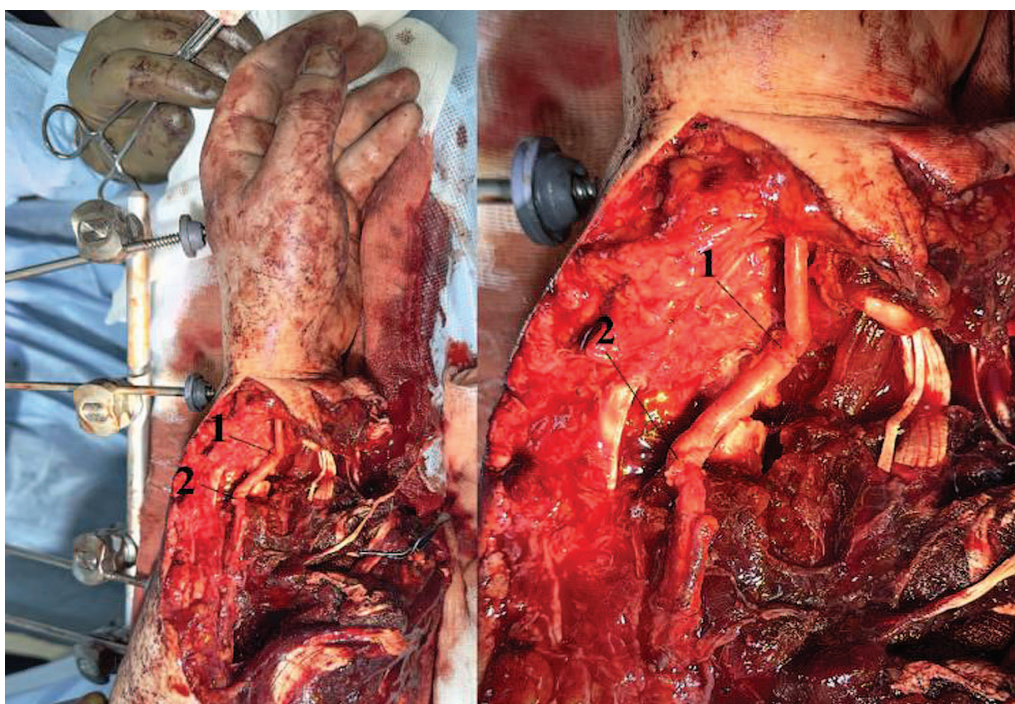
Фотография и снимки выполнены авторами

Рис. 3. Монтаж комплекта стержневого военно-полевого на лучевую кость



Фотографии выполнены авторами

Рис. 4. Выделение лучевой и локтевой артерии. 1 — дистальная культя лучевой артерии; 2 — проксимальная культя лучевой артерии; 3 — дистальная культя локтевой артерии; 4 — проксимальная культя локтевой артерии



Фотографии выполнены авторами

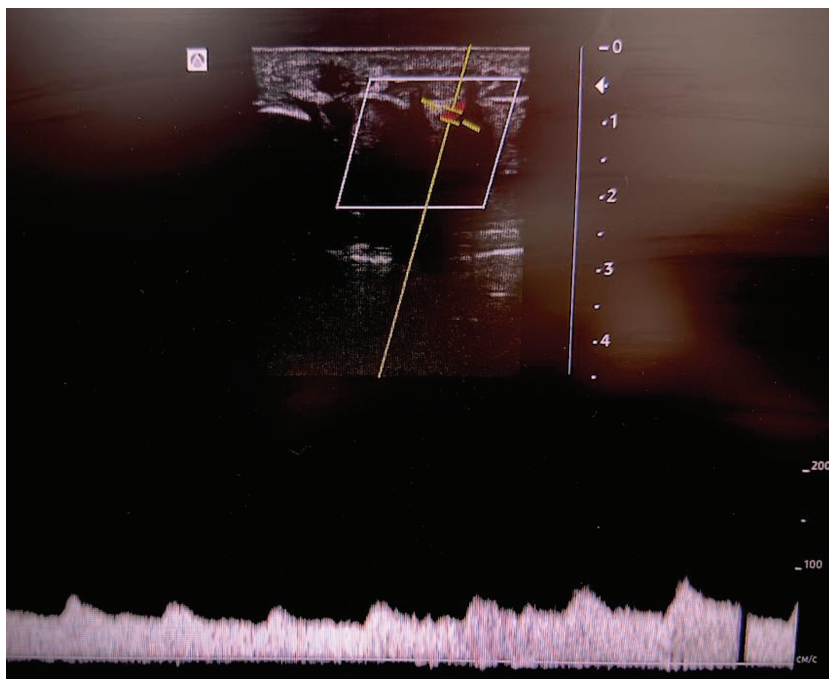
Рис. 5. Аутовенозное протезирование лучевой артерии реверсированной большой подкожной веной. 1 — дистальный анастомоз «конец-в-конец»; 2 — проксимальный анастомоз «конец-в-конец»

кисти) от выделения аутовены в области левого предплечья принято решение отказаться. В дистальной трети левой голени выделен и резецирован участок большой подкожной вены (БПВ) длиной 5 см. Затем полипропиленовой нитью 8/0 выполнено протезирование лучевой артерии реверсированной БПВ с созданием двух анастомозов «конец-в-конец». Пуск кровотока, пульсация аутовенозного протеза и лучевой артерии удовлетворительная (рис. 5).

После пуска кровотока при помощи пульсоксиметрии на втором пальце левой кисти определен

показатель пульса 86 уд/мин, SpO₂ 90%. Также интраоперационно выполнено ультразвуковое ангиосканирование (УЗАС) артерий кисти с доплерографией: визуализирован магистральный артериальный кровоток на поверхностной ладонной дуге, скорость кровотока 100 см/с (рис. 6).

В послеоперационном периоде левая кисть теплая, розовая, пульсация на лучевой артерии удовлетворительная. Выполнялась следующая консервативная терапия: цефтриаксон 1,0 гр в/м; нефракционированный гепарин 5 тыс. ЕД п/к;



Снимок выполнен авторами

Рис. 6. Ультразвуковое ангиосканирование артерий кисти с доплерографией: магистральный артериальный кровоток на поверхностной ладонной дуге, скорость кровотока 100 см/с

пентоксифиллин 10,0 мл + 200,0 мл 0,9% NaCl в/в капельно; промедол 2,0 мл в/м. Показатели гемодинамики стабильные, диурез удовлетворительный. Через 4 ч после операции выполнена эвакуация на дальнейшие этапы лечения и реабилитации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленный клинический случай неполного травматического отрыва кисти вследствие минно-взрывного ранения левой верхней конечности наглядно иллюстрирует современные вызовы и возможности военно-полевой реконструктивной хирургии в условиях активных боевых действий. Успешное выполнение реваскуляризации в госпитале 2-го уровня (отдельный медицинский отряд) является показателем высокой степени организации хирургической помощи и готовности к реализации сложных микрохирургических технологий даже на этапе квалифицированной медицинской помощи. Проведенное лечение комплексно решало несколько взаимосвязанных задач: спасение конечности от неизбежной ампутации, профилактику жизнеугрожающих осложнений и создание условий для последующей реабилитации. Анализ данного случая в контексте современных исследований, посвященных боевой травме, позволяет выделить ключевые тактические и технические аспекты.

Эпидемиология и тяжесть боевой травмы конечностей в современных конфликтах

Структура боевой хирургической травмы в ходе специальной военной операции (СВО) характеризуется преобладанием минно-взрывных и осколочных ранений, приводящих к тяжелым сочетанным повреждениям

конечностей [1, 4]. Как отмечают М.В. Васильченко и соавт., до 70% всех санитарных потерь составляют именно такие ранения, при этом значительная их часть сопровождается повреждением магистральных сосудов, массивной кровопотерей и шоком [1]. В нашем случае у пациента был диагностирован травматический шок 2-й степени, что полностью согласуется с данными о тяжести подобных повреждений. Р.Р. Касимов и соавт. подчеркивают, что в передовых медицинских группах именно повреждения конечностей с сосудистым компонентом требуют наиболее срочного и технически сложного вмешательства, часто в условиях продолжающегося поступления раненых [4]. Оценка состояния пациента по шкалам военно-полевой хирургии (ВПХ-П — 2 балла, тяжелое повреждение; ВПХ-СП — 13 баллов, состояние средней тяжести) подтверждает высокую прогностическую значимость этих шкал для сортировки и определения объема первичных мероприятий [3].

Диагностика и организация помощи

Диагностический алгоритм начинается на поле боя в рамках Tactical Combat Casualty Care (TCCC), где ключевым элементом является быстрое выявление жизнеугрожающего кровотечения и применение турникетов. TCCC (дословно «тактическая боевая помощь пострадавшим») — это протокол по тактической медицине, описывающий действия, которые должен выполнить боец для оказания помощи товарищу на поле боя [14]. В условиях лечебного учреждения диагностика основывается на клинической картине (признаки острой ишемии) и инструментальных методах. «Золотым стандартом» остается ангиография, однако ее выполнение не всегда возможно в остром

периоде (в течение часа). Ультрасонография является быстрым и эффективным скрининговым методом [15]. Клинический случай, описанный V. Yatsun и соавт., где ранение бедренных сосудов было диагностировано и прооперировано на 4 сут, подчеркивает важность постоянной настороженности даже при отсроченном обращении [15].

Организация помощи является критическим фактором успеха. Исследование P. Priyadarshini и соавт. убедительно доказывает, что внедрение протоколизированного подхода на всех этапах — от догоспитального применения турникетов до стандартизированных операционных алгоритмов — статистически значимо повышает выживаемость и снижает частоту ампутаций [14]. Современная система строится на принципах этапного лечения с эвакуацией по назначению, где передовые хирургические отряды (уровень 2) выполняют жизнеспасующие вмешательства по принципу Damage Control Surgery (DCS), а окончательная реконструкция осуществляется в тыловых специализированных центрах (Role 4/5) [1].

Тактика Damage Control Surgery как фундамент спасения конечности

Основополагающим принципом в лечении данного пациента стало последовательное применение концепции «контроля повреждений» (Damage Control Surgery). Этот подход, изначально разработанный для абдоминальной травмы, стал краеугольным камнем современной военно-полевой хирургии политравмы, включая травму конечностей [7, 8]. ПХО раны с удалением инородных тел, костных отломков и некротизированных тканей была направлена не на окончательную реконструкцию, а на профилактику анаэробной и гнойной инфекции — одного из главных препятствий для успешного спасения конечности [7, 8]. И.М. Батыршин и соавт. подчеркивают, что использование систем локального отрицательного давления (NPWT) после обширной ПХО при травматических отрывах позволяет эффективно управлять раной, уменьшая отек и бактериальную контаминацию, что создает более благоприятные условия для последующих реконструктивных этапов [7]. В описанном случае, несмотря на отсутствие необходимости на данном этапе NPWT, сама философия радикальной, но быстрой ПХО полностью соответствует принципам DCS.

Важнейшим элементом DCS при переломах в условиях загрязненной раны является стабильная, но минимально инвазивная фиксация. Применение КСВП для остеосинтеза лучевой кости является стандартом в подобной ситуации [4, 11]. Как указывают В.А. Чупряев и соавт., внеочаговый остеосинтез аппаратами типа КСВП позволяет надежно стабилизировать костные отломки, не имплантируя инородные тела в зону потенциального инфицирования, и обеспечивает доступ к ране для последующих перевязок и ревизий [11]. Отказ от остеосинтеза локтевой кости из-за крупных дефектов мягких тканей был прагматичным решением, направленным на минимизацию риска некроза и инфекции вокруг имплантата, что также согласуется с принципами этапного лечения [5, 8].

Микрохирургическая реваскуляризация в военно-полевых условиях: критерии и техника

Ключевым решением, определившим судьбу кисти, стало выполнение аутовенозного протезирования лучевой артерии. Этот этап выводит лечение из плоскости простого «контроля повреждений» в плоскость сложной реконструктивной хирургии. Несмотря на то что первые успешные реплантации были выполнены более полувека назад [6], их проведение в полевом госпитале остается экстраординарным событием, требующим соответствующего оснащения и подготовки хирургической команды [5, 10].

Критерии принятия решения о реваскуляризации. В нашем случае консилиум хирургов принял решение в пользу спасения конечности. Этот выбор был основан на нескольких факторах: относительно коротком сроке ишемии (около 2 ч до госпитализации + время подготовки к операции), сохранении частичного мягкотканного мостика, соединяющего кисть с предплечьем, и, что наиболее важно, удовлетворительном состоянии пациента (стабильная гемодинамика после устранения шока). Л.А. Амонов и соавт. в своем исследовании отмечают, что основным конфликтом при неполных отрывах является конфликт между ангиохирургической задачей (восстановить кровоток как можно быстрее) и остеопластической задачей (выполнить качественную фиксацию и пластику дефекта) [5]. В описанном случае этот вопрос был разрешен в пользу первоочередной сосудистой реконструкции после быстрой, но адекватной стабилизации кости и ПХО.

Выбор метода реваскуляризации и сосудистого трансплантата. Обнаруженный протяженный (4 см) дефект лучевой артерии с тромбозом культей исключал возможность прямого анастомоза. «Золотым стандартом» в такой ситуации является аутовенозное протезирование [9, 10]. Д.С. Меркулов и соавт. в обзоре реваскуляризирующих операций при боевой травме указывают, что аутовена, в частности БПВ голени, является оптимальным трансплантатом благодаря своей доступности, соответствию по диаметру и относительной устойчивости к инфекции в сравнении с синтетическими протезами [10]. Решение использовать вену с голени, а не с травмированного предплечья было абсолютно оправданным. Во-первых, травмированная конечность имела обширный дефицит мягких тканей, и дополнительное повреждение могло ухудшить венозный отток. Во-вторых, зона забора вены должна быть максимально отдалена от первичного очага загрязнения для снижения риска инфицирования трансплантата, что отражено в принципах, изложенных в работе В.Н. Холматова и соавт. при лечении ложных аневризм [9].

Интраоперационный контроль. Использование интраоперационной пульсоксиметрии УЗАС с доплерографией для подтверждения восстановления магистрального кровотока является современным требованием и значительно повышает точность оценки успеха операции [10, 16]. Визуализация кровотока в поверхностной ладонной дуге со скоростью 100 см/с объективно подтвердила техническую состоятельность анастомозов и достаточность дистального русла.

А.М. Климович и соавт. отмечают возрастающую роль ультразвуковых методов, включая УЗАС, не только в диагностике, но и в интраоперационном контроле при сосудистых повреждениях конечностей [2].

Послеоперационные риски и перспективы реабилитации

Успешная интраоперационная реваскуляризация является лишь первым, хотя и критически важным этапом в длительном процессе восстановления. Основными непосредственными угрозами в послеоперационном периоде являются тромбоз анастомоза и развитие раневой инфекции / некротических изменений в зоне тяжелой травмы.

Риск тромбоза. Несмотря на полученный удовлетворительный кровоток, риск тромбоза аутовенозного шунта в условиях обширной травмы мягких тканей, отека и возможной гиперкоагуляции остается высоким. Это требует проведения полноценной антикоагулянтной терапии в послеоперационном периоде, что и было осуществлено у данного пациента.

Риск инфекции и некроза. Обширный дефект мягких тканей предплечья, наличие костных отломков и инородных тел создают идеальные условия для развития инфекции. Работы, посвященные лечению политравмы, акцентируют внимание на необходимости повторных, этапных санаций и ревизий раны, часто с применением NPWT, для контроля инфекции и подготовки к окончательной кожной пластике [7, 8, 11]. Ведение локтевой кости без остеосинтеза также потребует в дальнейшем решения: либо ее стабилизации после очищения раны, либо резекции с последующим костным пластическим материалом.

Восстановление функции и реабилитация. Даже при успешном приживлении кисти у пациента будет наблюдаться тяжелое сочетанное повреждение нервов (отмечено онемение и анестезия на момент поступления). Повреждение срединного, лучевого и локтевого нервов при таком уровне травмы практически неизбежно. Современные исследования под руководством А.И. Гайворонского демонстрируют прогресс в хирургии периферических нервов при боевых повреждениях, включая методы одномоментной реконструкции с сухожильно-мышечной транспозицией и развитие целых концепций оказания нейрохирургической помощи [17–19]. Однако восстановление чувствительной и моторной функции займет многие месяцы и годы, потребует многоэтапных хирургических вмешательств и интенсивной реабилитации. Опыт реабилитации военнослужащих с ампутированными конечностями, накопленный в последние годы, как описывает Д.В. Момотов и соавт. [14], показывает, что даже при спасенной конечности программа восстановления будет столь же комплексной, многопрофильной и длительной, направленной на максимально возможное возвращение к активной жизни и труду.

Сравнение с травмами в мирных условиях и иными механизмами

Интерес представляет сравнение данного случая с травмами, получаемыми в мирной жизни, напри-

мер, при контакте с работающими электрическими мясорубками, как описано в обзоре И.К. Супрунова и Е.Г. Скрыбина [15]. Хотя оба механизма приводят к тяжелым размозжениям, переломам и нередко к частичным отрывам, между ними существуют принципиальные различия, влияющие на тактику:

- характер загрязнения: минно-взрывная травма предполагает массивное первичное загрязнение почвой, обрывками одежды, множественными мелкими инородными телами, что несет неизмеримо больший риск анаэробной (особенно клостридиальной) и гноеродной инфекции по сравнению с относительно «чистой» бытовой травмой от мясорубки [2, 15];
- зона повреждения: взрывная травма создает обширную зону первичного и вторичного некроза за счет ударной волны и термического компонента, что затрудняет оценку жизнеспособности тканей во время ПХО [2, 16];
- сопутствующая патология: боевая травма часто является частью политравмы, сопровождается шоком и требует лечения в системе этапной эвакуации с ограничением времени на одном этапе [3, 4, 12]. Все это делает принятие решения о сложной реконструкции в военно-полевых условиях значительно более рискованным, но, как показывает описанный случай, возможным при четкой организации.

Превентивные мероприятия и значение правильного догоспитального этапа

Успех последующего лечения во многом был предопределен грамотными действиями на догоспитальном этапе. Самоналожение жгута военнослужащим на плечо позволило остановить жизнеугрожающее кровотечение, что является ключевым фактором выживаемости при повреждениях магистральных сосудов [1, 4]. Важно отметить, что жгут был наложен с соблюдением современных протоколов (высоко на плечо), а после оценки состояния при поступлении в госпиталь было принято взвешенное решение о его ослаблении и дальнейшей тактике, что предотвратило необратимую ишемию и возможную необходимость в ампутации из-за пролонгированной ишемии. С.А. Король в своем исследовании медицинской эвакуации подчеркивает, что правильно выполненная первая помощь, включая временную остановку кровотечения, и быстрая эвакуация (в данном случае — 2 ч) являются критически важными звеньями в цепи спасения конечности [12]. Организация такой эвакуации, как отмечает Д.В. Тришкин, является одной из ключевых задач медицинской службы [3].

Выбор уровня оказания помощи для реконструктивных вмешательств

Проведение столь сложной микрохирургической операции в госпитале 2-го уровня вызывает закономерный вопрос о достаточности условий и целесообразности. Согласно работам Р.Р. Касимова и соавт., передовые медицинские группы (2-й уровень) сегодня оснащены значительно лучше, чем в предыдущие конфликты, и в них сосредоточены специалисты, способные

выполнять не только неотложные, но и отсроченные первичные вмешательства [4]. Решение консилиума оперировать на месте, а не эвакуировать пациента далее, было основано на понимании «золотого окна» для реваскуляризации. Дополнительная эвакуация в более оснащенный госпиталь (3-й уровень) заняла бы драгоценные часы, увеличив время ишемии и сделав спасение кисти невозможным. Как указывают Л.А. Амонов и соавт., при конфликте ангио- и ортостатических задач приоритет всегда должен отдаваться восстановлению кровотока в кратчайшие сроки, даже если для этого приходится выполнять вмешательство в условиях, несколько отличных от идеальных [5]. Данный случай подтверждает тезис, выдвигаемый Е.В. Ивченко и Д.В. Овчинниковым, о том, что опыт СВО стимулирует смещение элементов специализированной помощи на более ранние этапы эвакуации [13].

Отдаленные результаты и мультидисциплинарное сопровождение

Хотя описание клинического случая, как правило, фокусируется на срочной хирургической помощи, важно проанализировать вероятные дальнейшие этапы лечения пациента. Даже при успешном приживлении кисти перед медицинской командой встанут сложнейшие задачи:

- *Ведение раны и костных дефектов.* После стабилизации состояния и контроля за сосудистым шунтом потребуются серия этапных санаций и, с высокой вероятностью, пластическое закрытие обширного дефекта мягких тканей предплечья. Опыт, описанный в работах по лечению политравмы [8, 11], показывает, что для этого могут понадобиться ротационные или свободные микрохирургические лоскуты. Локтевая кость, оставленная без фиксации, потребует либо позднего остеосинтеза, либо костной пластики для достижения консолидации.
- *Нейрохирургическая реабилитация.* Отсутствие чувствительности кисти указывает на тяжелое, вероятно, необратимое повреждение срединного, лучевого и локтевого нервов. Это является самым прогностически неблагоприятным фактором для восстановления функции. Современные работы, в частности, А.И. Гайворонского и соавт. и И.Н. Исенгалиева и соавт., показывают, что в специализированных центрах применяются инновационные методы, включая одномоментную реконструкцию нервного ствола с сухожильно-мышечной транспозицией, аутологичную трансплантацию нервов и другие [18, 19]. Однако результаты всегда остаются ограниченными, и восстановление в лучшем случае будет частичным.
- *Ортопедическая реабилитация и протезирование.* Интенсивная реабилитация, направленная на профилактику контрактур, сохранение пассивной подвижности суставов и, по возможности, восстановление активных движений, будет необходима на протяжении многих месяцев. Даже если двигательная функция кисти будет утрачена, сохранение чувствительной культи (при успешной реиннервации) имеет огромное психологическое и функциональное значение, позволяя в дальнейшем

использовать биоэлектрические протезы, управляемые миоэлектрическими сигналами. Опыт реабилитации ампутантов, описанный Д.В. Момотовым и соавт. [14], демонстрирует комплексный подход, включающий не только протезирование, но и психологическую, социальную и профессиональную адаптацию, что в равной степени применимо и к пациентам со спасенными, но глубоко поврежденными конечностями.

Этические и экономические аспекты

Принятие решения о попытке спасения конечности, сопряженной с многоэтапными, дорогостоящими и длительными вмешательствами, всегда имеет этическое и экономическое измерение. С одной стороны, стремление сохранить конечность любой ценой является естественным императивом для хирурга и желанием пациента. С другой стороны, существует риск «терапевтического упорства», когда пациент подвергается множеству тяжелых операций ради конечного результата, который может оказаться функционально несостоятельным. Исследования, посвященные реабилитации [14], и анализ долгосрочных исходов являются важными для формирования четких критериев отбора пациентов для таких программ. В условиях военного времени вопрос ресурсов также стоит остро. Однако, как отмечается в докладе о деятельности медицинской службы [3], обеспечение высокотехнологичной помощи, включая реконструктивно-пластические операции, является приоритетом, направленным на максимальное восстановление боеспособности и возвращение военнослужащих к активной жизни.

Ограничения

Вследствие условий оказания помощи (оперативное лечение в прифронтовом госпитале с последующей срочной эвакуацией), а также из-за трудностей в организации наблюдения (ограниченная связь, невозможность долгосрочного контроля), авторы не располагают сведениями о функциональных исходах в отдаленном периоде, что является ограничением данного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленное клиническое наблюдение служит яркой иллюстрацией эволюции военно-полевой хирургии, которая, опираясь на классические принципы этапного лечения и «контроля повреждений», интегрировала в свою практику высокотехнологичные микрохирургические методы. Успешное аутовенозное протезирование на этапе отдельного медицинского отряда стало результатом слаженной работы мультидисциплинарной команды, включающей травматолога, сосудистого хирурга, анестезиолога.

Сравнение с данными современных исследований подтверждает, что описанная тактика соответствует передовым тенденциям: приоритет сосудистой реконструкции после быстрой стабилизации и санации, использование аутовены с отдаленного донорского участка, интраоперационный ультразвук

контроль. Данный случай демонстрирует, что спасение конечности при неполном отрыве в условиях боевых действий перестает быть исключительной прерогативой крупных тыловых центров, а становится задачей, решаемой на более ранних этапах медицинской эвакуации при наличии соответствующей подготовки и оснащения. Это напрямую соотносится с задачами, поставленными перед медицинской службой по совершенствованию оказания хирургической помощи в ходе СВО.

Однако успех начального этапа — это только начало долгого пути. Дальнейшая судьба спасенной конечности будет зависеть от профилактики отсроченных

осложнений (тромбоз, инфекция, некроз), успеха последующих реконструктивных этапов (пластика мягких тканей, лечение переломов) и, что не менее важно, от возможностей современной нейрохирургии и реабилитации для восстановления функции поврежденных нервов.

Таким образом, данный случай является моделью современного подхода к тяжелой боевой травме конечности, где этапность, междисциплинарность и интеграция технологий от полевого госпиталя до реабилитационного центра являются залогом не только спасения жизни, но и максимально возможного восстановления ее качества.

Литература / References

- Васильченко МВ, Волчков ВА, Бунин СА, Рычков ВЛ, Румянцев АВ, Волчков ГВ. Анализ структуры боевых травм, полученных в ходе специальной военной операции (по опыту оказания квалифицированной и специализированной хирургической помощи в многопрофильном стационаре). *Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе*. 2025;1:16–22.
Vasilchenko MV, Volchikov VA, Bunin SA, Rychkov VL, Rumyantsev AV, Volchikov GV. Analysis of the structure of combat injuries sustained during special military operation (based on the experience of the providing qualified and specialized surgical care in a multidisciplinary hospital). *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;1:16–22 (In Russ.).
https://doi.org/10.54866/27129632_2025_1_16
- Климович АМ, Фрумен АГ, Береговский ДА, Ефимцев АЮ, Труфанов ГЕ. Минно-взрывные ранения: рентгенологическая и компьютерная томографическая диагностика повреждений конечностей. *Российский журнал персонализированной медицины*. 2025;5(3):230–50.
Klimovich AM, Frumen AG, Beregovskii DA, Efimtsev AYU, Trufanov GE. Mine blast injuries: X-ray and computed tomographic diagnostics of limb injuries. *Russian Journal for Personalized Medicine*. 2025;5(3):230–50 (In Russ.).
<https://doi.org/10.18705/2782-3806-2025-5-3-230-250>
- Тришкин ДВ. Итоги деятельности медицинской службы Вооруженных Сил Российской Федерации в 2024 году и задачи на 2025 год. *Военно-медицинский журнал*. 2025;346(1):4–20.
Trishkin DV. Results of the medical service activities of the armed forces of the Russian Federation in 2023 and goals for 2024. *Russian Military Medicine Journal*. 2025;346(1):4–20 (In Russ.).
https://doi.org/10.52424/00269050_2024_346_1_4
- Касимов РР, Просветов ВА, Самохвалов ИМ, Завражнов АА, Коваленко СА, Федотов АО и др. Структура боевой хирургической травмы и особенности оказания хирургической помощи в передовых медицинских группах в активную фазу боевых действий. *Военно-медицинский журнал*. 2024;345(7):4–12.
Kasimov RR, Prosvetov VA, Samokhvalov IM, Zavrazhnov AA, Kovalenko SA, Fedotov AO, et al. The structure of combat surgical trauma and features of surgical care in advanced medical groups in the active phase of hostilities. *Russian Military Medicine Journal*. 2024;345(7):4–12 (In Russ.).
https://doi.org/10.52424/00269050_2024_345_7_4
- Амонов ЛА, Махсудов ФМ, Сайпиев АА, Ходжанов ИЮ, Новиков КИ, Сергеев КС. Неполный травматический отрыв верхней конечности: тактика спасения конечности при конфликте ангио- и остеозадач. *Политравма*. 2025;2:65–70.
Amonov LA, Makhmudov FM, Saypiyev AA, Khodzhanov IYu, Novikov KI, Sergeev KS. Incomplete traumatic amputation of the upper limb: tactics of limb saving in the conflict of angio- and osteotasks. *Polytrauma*. 2025;2:65–70 (In Russ.).
<https://doi.org/10.24412/1819-1495-2025-2-65-70>
- Калина АВ, Костюченко МВ. 60 лет первой успешной реплантации верхней конечности. *Вестник оперативной хирургии и топографической анатомии*. 2022;1(1):26–9.
Kalina AV, Kostyuchenko MV. 60 years of the first successful upper limb replantation. *Bulletin of Operative Surgery and Topographic Anatomy*. 2022;1(1):26–9 (In Russ.).
EDN: QGZXCU
- Батыршин ИМ, Кизявка МИ, Склизов ДС, Остроумова ЮС, Михельсон ЕП, Бородина МА и др. Применение принципов damage control и использование системы локального отрицательного давления для профилактики инфекционных осложнений у пациента с травматическим отрывом верхней конечности и массным повреждением мягких тканей. *Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченко*. 2019;6(4):22–5.
Batyrrshin IM, Kizyavka MI, Sklizkov DS, Ostroumova YuS, Mikhelson EP, Borodina MA, et al. Application of the damage control principles and the use of a local negative pressure system for the prevention of infectious complications in a patient with traumatic separation of the upper limb and massive damage to soft tissues. *Wounds and Wound Infections. The prof. B.M. Kostyuchenok Journal*. 2019;6(4):22–5 (In Russ.).
<https://doi.org/10.25199/2408-9613-2019-6-4-22-25>
- Агаларян АХ, Гилев ЯХ, Скопинцев ДА, Якушин ОА, Роткин ЕА, Другов АС и др. Хирургическое лечение массового повреждения мягких тканей при травматическом отрыве нижней конечности у пострадавшего с политравмой. *Политравма*. 2016;4:81–4.
Agalaryan AKh, Gilev YaKh, Skopintsev DA, Yakushin OA, Rotkin EA, Drugov AS, et al. Surgical treatment of massive injury to soft tissues in traumatic disruption of the lower extremity in a patient with polytrauma. *Polytrauma*. 2016;4:81–4 (In Russ.).
EDN: XISGSB
- Холматов ВН, Казанцев АН, Болибок НВ, Беляй ЖМ, Тенишев РР, Гаптракипов ИХ. Хирургическое лечение минно-взрывного ранения с формированием ложной аневризмы подколенной артерии в условиях военно-полевого госпиталя зоны специальной военной операции. *Политравма*. 2025;3:44–50.
Kholmatov VN, Kazantsev AN, Bolibok NV, Belyai ZhM, Tenishev RR, Gaptrakipov IKh. Surgical treatment of a mine-blast wound with the formation of a false aneurysm of the popliteal artery in the conditions of a field hospital of the special military operation zone. *Polytrauma*. 2025;3:44–50 (In Russ.).
<https://doi.org/10.24412/1819-1495-2025-3-44-50>

10. Меркулов ДС, Фисталь ЭЯ, Демчук ВО. Реваскуляризирующие операции при лечении боевой хирургической травмы. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2024;27(2):72–81.
Merkulov DS, Fistal EYa, Demchuk VO. Revascularizative surgery in the treatment of combat surgical trauma. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2024;27(2):72–81 (In Russ.).
<https://doi.org/10.52581/1814-1471/89/08>
11. Чупряев ВА, Кудяшев АЛ, Хомянец ВВ, Бадалов ВИ, Стрельба АА. Особенности лечения раненых с ампутированными дефектами нижних конечностей в сочетании с переломами костей. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2024;19(1):143–8.
Chupryaev VA, Kudyashev AL, Khominets VV, Badalov VI, Strelba AA. Features of the treatment of wounded with amputation defects of the lower extremities in combination with bone fractures. *Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center*. 2024;19(1):143–8 (In Russ.).
https://doi.org/10.25881/20728255_2024_19_1_143
12. Король СА. Медицинская эвакуация в системе оказания помощи раненым с огнестрельными переломами костей голени и отрывами конечностей во время антитеррористической операции. *Травма*. 2016;17(4):92–5.
Korol SA. Medical evacuation in the system of proving care for wounded persons with gunshot fractures of the tibia and extremity avulsion during the antiterrorist operation. *Trauma*. 2016;17(4):92–5 (In Russ.).
<https://doi.org/10.22141/1608-1706.4.17.2016.77497>
13. Ивченко ЕВ, Овчинников ДВ. Основные научно-практические итоги изучения в Военно-медицинской академии боевой патологии периода специальной военной операции. *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2024;43(4):457–69.
Ivchenko EV, Ovchinnikov DV. The main scientific and practical results of the study at the Military Medical Academy of combat pathology during the Special Military operation. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2024;43(4):457–69 (In Russ.).
<https://doi.org/10.17816/rmmar636549>
14. Момотов ДВ, Афанасьева ТН, Иващенко АН, Ковалев АС, Николаев КН, Юденков СН. Современные аспекты реабилитации военнослужащих с ампутированными конечностями вследствие минно-взрывных ранений. *Врач*. 2025;36(3):40–6.
Momotov DV, Afanasyeva TN, Ivashchenko AN, Kovaliev AS, Nikolaev KN, Yudenkov SN. Modern aspects of rehabilitation of military personnel with amputated limbs due to mine-explosive wounds. *The Doctor*. 2025;36(3):40–6 (In Russ.).
<https://doi.org/10.29296/25877305-2025-03-07>
15. Супрунов ИК, Скрыбин ЕГ. Травмы рук, полученные при контакте с работающими электрическими мясорубками (обзор литературы, иллюстрированный собственными клиническими наблюдениями). *Гений ортопедии*. 2025;31(1):83–90.
Suprunov IK, Skryabin EG. Hand injuries sustained while contacting operating electric meat grinders (literature review illustrated with authors' clinical cases). *Orthopaedic Genius*. 2025;31(1):83–90 (In Russ.).
<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-1-83-90>
16. Кыштымов СА, Белов АК, Симашко АА, Григорьев ЕГ. Минно-взрывная травма коленного сустава с повреждением подколенной артерии. *Политравма*. 2025;1:41–5.
Kyshtymov SA, Belov AK, Simashko AA, Grigoryev EG. Mine-blast injury of the knee joint with damage to the popliteal artery. *Polytrauma*. 2025;1:41–5 (In Russ.).
<https://doi.org/10.24412/1819-1495-2025-1-41-45>
17. Гайворонский АИ, Ким-Скалийчук БВ, Свистов ДВ, Исаев ДМ, Чуриков ЛИ. К вопросу о современной классификации боевых повреждений периферической нервной системы. *Казанский медицинский журнал*. 2024;105(5):760–70.
Gaivoronsky AI, Kim-Skaliitchouk BV, Svistov DV, Isaev DM, Churikov LI. On the issue of modern classification of peripheral nervous system's combat injuries. *Kazan Medical Journal*. 2024;105(5):760–70 (In Russ.).
<https://doi.org/10.17816/KMJ375372>
18. Исенгалиев ИН, Храпов ЮВ, Гайворонский АИ, Гизатуллин ШХ, Давыдов ДВ, Беседин ВД и др. Одномоментная реконструкция нервного ствола с сухожильно-мышечной транспозицией при огнестрельных ранениях общего малоберцового нерва. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова*. 2024;16(4):12–21.
Isengaliev IN, Khrapov YuV, Gaivoronsky AI, Gizatullin ShKh, Davydov DV, Besedin VD, et al. Simultaneous nerve reconstruction and tendonmuscular transposition in gunshot wounds of the common peroneal nerve. *Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov*. 2024;16(4):12–21 (In Russ.).
https://doi.org/10.56618/2071-2693_2024_16_4_12
19. Гайворонский АИ, Свистов ДВ, Коломенцев СВ, Овчинников ДВ, Ивченко ЕВ, Онницев ИЕ и др. Концепция оказания нейрохирургической помощи при боевых повреждениях периферических нервов. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2024;26(4):627–38.
Gaivoronsky AI, Svistov DV, Kolomentsev SV, Ovchinnikov DV, Ivchenko EV, Onnintsev IE, et al. Approach to neurosurgical care for combat-related injuries to the peripheral nervous system. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2024;26(4):627–38 (In Russ.).
<https://doi.org/10.17816/bmhma634434>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: А.Н. Казанцев — проведение оперативного вмешательства, создание рукописи и ее редактирование; А.И. Чаава — поиск и анализ литературы, подготовка иллюстраций; Д.Ю. Нескоромный — концепция и дизайн, анализ литературы; О.В. Алексеев — анализ литературы, редактирование рукописи. Утверждение окончательного варианта статьи — все авторы.

Об авторах:

Казанцев Антон Николаевич, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1115-609X>
 Чаава Арон Игоревич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6075-1024>
 Нескоромный Дмитрий Юрьевич, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3436-7742>
 Алексеев Олег Валерьевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9120-7343>

<https://doi.org/10.47183/mes.2026-449>

УДК 614.2:622.012



ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ СЛУЖБЫ НА УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ: ОБЗОР

А.А. Ашырбаев^{1✉}, С.Р. Сирмбард²¹ Кыргызско-Российский Славянский университет имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызская Республика² Университет Адам, Бишкек, Кыргызская Республика

Введение. Развитие системы организации охраны здоровья работников удаленных промышленных объектов (в том числе высокогорных) является актуальным направлением как для Российской Федерации, так и для Кыргызской Республики. Ввиду отсутствия единых стандартов в системе удаленного здравоохранения приоритетным является анализ принципов и подходов в организации адекватной и эффективной модели оказания медицинской помощи персоналу этих отраслей промышленного производства.

Цель. Анализ и обобщение данных по организации медицинской помощи на удаленных промышленных объектах (УПО) в экстремальных условиях высокогорья.

Обсуждение. Трудовая деятельность на УПО в условиях высокогорья сопровождается влиянием на здоровье работающих экстремальных климатогеографических, неблагоприятных социально-психологических, а также вредных и опасных факторов производственной среды, что диктует необходимость внедрения специализированной системы медицинского обеспечения работников. Медицинская помощь работникам на УПО может оказываться собственной медицинской службой компании или нанятыми провайдерами медицинских услуг (аутсорсинг). В Кыргызской Республике все горнодобывающие предприятия имеют собственные медицинские службы. Медицинская служба на УПО в высокогорье состоит из двух подразделений: главного медицинского пункта УПО (фельдшерского или врачебного) и медицинского пункта на центральном контрольно-пропускном пункте. Особенностью работы медицинского пункта в условиях высокогорья является большое количество обращений больных с острой горной болезнью (ОГБ): так, у вахтовых рабочих на горнодобывающем предприятии в Кыргызской Республике на высоте 3800 м частота возникновения ОГБ составила 25%. Основными подходами к профилактике ОГБ в общей популяции работников являются высотная акклиматизация, фармакологическая поддержка, регидратация и предупреждение нарушений электролитного обмена, защита от светового поражения глаз и кожных покровов, предупреждение холодовой травмы. Для дальнейшего оказания медицинской помощи работникам с ОГБ применяют двухэтапную систему эвакуации при нахождении УПО на высоте более 3500 м и значительном расстоянии от населенных пунктов, предусматривающую создание промежуточного медицинского пункта на высоте 1700–1800 м над уровнем моря.

Выводы. Медицинское обеспечение вахтовых рабочих в экстремальных условиях высокогорья является частью развивающегося направления — удаленного здравоохранения. Вопросы организации медицинской помощи на удаленных промышленных объектах в горной местности актуальны в связи с интенсивным развитием горнодобывающей промышленности в Кыргызской Республике. Показана необходимость специальной подготовки медицинского персонала по вопросам удаленного здравоохранения, совершенствования нормативной базы, регламентирующей порядок и алгоритмы оказания медицинской помощи работникам на УПО, для возможности построения новой модели медицинского обеспечения с соблюдением единых стандартов медицинской помощи, в том числе при введении телемедицинского и мобильного компонентов.

Ключевые слова: удаленное здравоохранение; горная медицина; организация здравоохранения; промышленная медицина; удаленные промышленные объекты; медицинское образование; вахтовый метод; медицинская эвакуация

Для цитирования: Ашырбаев А.А., Сирмбард С.Р. Особенности создания и функционирования медицинской службы на удаленных объектах в условиях высокогорья: обзор. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(3):483–499. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-449>

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Ашырбаев Айбек Арсымович aibeka@mail.ru

Статья поступила: 23.01.2026 **После доработки:** 06.05.2026 **Принята к публикации:** 15.05.2026 **Online first:** 22.07.2026

FEATURES OF ESTABLISHING AND OPERATING A MEDICAL SERVICE AT REMOTE HIGH-ALTITUDE SITES: A REVIEW

Aibek A. Ashyrbaev^{1✉}, Svetlana R. Sirmbard²¹ First President of Russia Boris Yeltsin Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyz Republic² Adam University, Bishkek, Kyrgyz Republic

Introduction. The development of a system for organizing health protection for workers at remote industrial sites (including high-altitude ones) is a relevant priority for both the Russian Federation and the Kyrgyz Republic. Due to the absence of unified standards in the remote health-care system, a priority is the analysis of principles and approaches in organizing an adequate and effective model of medical care delivery for personnel in these industrial production sectors.

Objective. Analysis and synthesis of data on the organization of medical care at remote industrial sites (RIS) in extreme high-altitude conditions.

Discussion. Labor activity at RIS in high-altitude conditions involves the impact on workers' health of extreme climatic and geographic factors, adverse socio-psychological factors, as well as harmful and dangerous factors of the industrial environment, which necessitates the implementation of a specialized medical support system for workers. Medical care for RIS workers may be provided by the company's own medical service or by hired

© А.А. Ашырбаев, С.Р. Сирмбард, 2026

medical service providers (outsourcing). In the Kyrgyz Republic, all mining enterprises have their own medical services. The medical service at a high-altitude RIS consists of two units: the main medical station of the RIS (paramedic or physician-staffed) and a medical station at the central check-point. A distinctive feature of the medical station's work in high-altitude conditions is the high number of patient visits for acute mountain sickness (AMS). For example, among shift workers at a mining enterprise in the Kyrgyz Republic at an altitude of 3800 m, the AMS incidence was 25%. The main approaches to AMS preventing in the general worker population are altitude acclimatization, pharmacological support, rehydration, prevention of electrolyte imbalances, protection against light-induced eye and skin damage, and prevention of cold injury. For further medical care provision to workers with AMS, a two-stage evacuation system is used when the RIS is located at an altitude above 3500 m and at a significant distance from populated areas, which involves establishing an intermediate medical station at an altitude of 1700–1800 m above sea level.

Conclusions. Medical support for shift workers in extreme high-altitude conditions is part of a developing field — remote healthcare. The issues of organizing medical care at remote industrial sites in mountainous areas are relevant due to the intensive development of the mining industry in the Kyrgyz Republic. The need is shown for special training of medical personnel in remote healthcare, improvement of the regulatory framework governing the procedures and algorithms for providing medical care to RIS workers, in order to enable the construction of a new model of medical support that complies with unified standards of medical care, including through the introduction of telemedicine and mobile components.

Keywords: remote healthcare; mountain medicine; healthcare organization; industrial medicine; remote industrial sites; medical education; shift work; medical evacuation

For citation: Ashyrbaev A.A., Sirmbard S.R. Features of establishing and operating a medical service at remote high-altitude sites: A review. *Extreme Medicine*. 2026;28(3):483–499. <https://doi.org/10.47183/mes.2026-449>

Funding. The work was carried out without sponsorship support.

Potential conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

✉ Aibek A. Ashyrbaev aibeka@mail.ru

Received: 23 Jan. 2026 **Revised:** 6 May 2026 **Accepted:** 15 May 2026 **Online first:** 22 July 2026

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Российской Федерации отмечается возрастающий интерес к теме удаленного здравоохранения, включающего нормативное регулирование, подходы к организации медицинской помощи и развитию медицинской инфраструктуры, логистики и связи на удаленных промышленных объектах (УПО).

В Российской Федерации выделяют труднодоступные промышленные объекты, находящиеся на значительном удалении от городов: на нефтяных месторождениях Восточной Сибири, в районе арктического шельфа или аридных зонах Прикаспийской низменности; тем не менее производственные площадки с постоянно действующим контингентом работников, расположенные в условиях высокогорья, отсутствуют [1, 2].

В настоящее время в Кыргызской Республике существует более десяти активно функционирующих горнодобывающих предприятий, расположенных на высоте 3000–4000 м над уровнем моря, что требует привлечения значительного контингента вахтовых рабочих, количество которых может достигать 1000 человек за одну вахту. Ведущими горнодобывающими предприятиями являются Джеруй и Кумтор. Золотое месторождение Джеруй находится на высоте 2500–3800 м над уровнем моря в Таласской области, вахтовый поселок для рабочих — на высоте 2500 м. Месторождение Кумтор расположено на высоте 3800–4200 м над уровнем моря в Иссык-Кульской области, вахтовый поселок для рабочих — на высоте 3800 м.

На работников горнодобывающей отрасли в условиях высокогорья воздействует комплекс экстремальных климатогеографических, производственных и социально-бытовых факторов, а проживание и работа на высоте 3800–4200 м над уровнем моря сопровождаются значительным напряжением адаптационных механизмов человека [3].

К экстремальным природно-климатическим факторам относятся низкое содержание кислорода

в окружающем воздухе, пониженное атмосферное давление, низкая температура воздуха и ее значительные суточные колебания, повышенная солнечная радиация и многие другие. Все эти факторы объединены единым термином «горный комплекс», а по классификации вертикальной горной поясности высота 3500–4500 м над уровнем моря относится к нежилую высокогорью, или сверхвысокогорью.

Под влиянием низких температур атмосферного воздуха и сильных ветров чаще возникают острые воспалительные заболевания органов дыхания (риниты, фарингиты, трахеиты, бронхиты, пневмонии, синуситы), опорно-двигательного аппарата (миалгии), нервных окончаний (невриты, корешковые радикулопатии), сосудов (артерииты), глаз (блефариты, конъюнктивиты, кератиты), а также холодовые травмы: гипотермия и отморожения (чаще всего конечностей). К тому же в горах утяжеляется клиническое течение хронических заболеваний, а травматические поражения чаще осложняются шоком [4]. Повышение интенсивности инсоляции (преобладание ультрафиолетовой части спектра), одновременное воздействие прямой солнечной радиации и рассеянной до 96%, поступившей за счет рассеяния части потока прямой солнечной радиации в атмосфере (в результате отражения лучей от горных склонов, снежного покрова), разреженная атмосфера могут способствовать возникновению ожогов кожи (крыльев носа, губ, подбородка, шеи, тыла кистей рук) и глаз [5].

При организации труда на УПО в высокогорье рабочие в межвахтовый период проживают на высоте уровня моря, однако после прибытия на производственный участок в горы основным фактором, существенно снижающим их работоспособность, является экзогенная гипоксия. Признаки гипоксии отмечаются у работников начиная с высоты 2500–3000 м над уровнем моря, у большинства — на высоте 3500 м. На высоте выше 3800 м над уровнем моря у работников могут развиваться угрожающие жизни синдромы: острая горная болезнь, высокогорный отек легких и высокогорный отек мозга, которые требуют немедленного лечения и спуска

в низкогорье [6, 7]. Важное значение в развитии «горной патологии» имеют и явления гиперкатаболизма. Так, общие суточные энерготраты организма в условиях среднегорья составляют в среднем 3900–4100 ккал, а в высокогорье — 4300–4500 ккал. На фоне повышенного расхода энергии, достигающего в высокогорье 5000 ккал в сутки, при передвижении, в условиях длительного и тяжелого физического труда в горах могут встречаться явления алиментарного истощения [8].

Интенсивные физические нагрузки при работе в горах приводят к повышенному потоотделению даже в условиях относительно холодной погоды и сопровождаются дегидратацией (за счет увеличения выделения из организма жидкости с мочой), что замедляет восстановление работоспособности человека и усугубляет течение ОГБ. При воздействии низкого парциального давления кислорода на фоне дегидратации создаются условия для роста бактериальной микрофлоры даже при незначительных повреждениях кожных покровов, слизистых оболочек и травмах. Гипоксия и дегидратация вызывают нарушение минерального обмена, существенно отражающееся на работе желудочно-кишечного тракта (угнетение секреции желудочного сока, пепсина, желчи, нарушения моторно-эвакуаторной функции кишечника) [9].

На горнодобывающих предприятиях при оценке влияния производственных факторов установлено, что на работников воздействует комплекс неблагоприятных производственных факторов: психоэмоциональных, физических (шум, вибрация, неудовлетворительные параметры микроклимата), химических (запыленность, загрязнение различными химическими соединениями), биологических, уровни которых часто превышают гигиенические нормативы [10].

Атмосферный воздух карьеров на производственной площадке при открытой добыче руды и ее химической обработке на золотоизвлекательной фабрике загрязняется пылью и токсическими веществами (цианидом натрия (NaCN), щелочами (CaO , NaOH), соляной кислотой (HCl), азотной кислотой (HNO_3)). Основными источниками выделения вредных газов являются взрывные работы, работа автотранспорта, скреперов, бульдозеров. Все процессы по дроблению, измельчению, погрузке и транспортировке руды сопровождаются пылеобразованием. В теплый период года концентрации пыли на рабочих местах, где используются машины, резко повышаются и могут достигать 25–30 мг/м³. На карьерах Сибири и Крайнего Севера наблюдается более высокое содержание пыли из-за низкой эффективности или отсутствия средств борьбы с ней. Помимо этого, в воздухе рабочей зоны присутствуют компоненты отработанных газов двигателей внутреннего сгорания (оксиды азота, акролеин, формальдегид и др.), содержание которых может в 2–3 раза превышать допустимые значения. Работа различных типов буровых машин и другой техники сопровождается повышенными уровнями шума и вибрации на рабочих местах; как правило, рабочие подвергаются комбинированному воздействию шума и вибрации [11].

Вахтовый метод организации труда на УПО предъявляет высокие требования к адаптивным возможностям

человека и сопровождается значительными физиологическими перестройками в организме: объективно снижается качество жизни работников, что проявляется в ухудшении здоровья вахтового персонала вследствие резкой смены климатических условий, часовых поясов, питания, психоэмоционального напряжения, профессиональной нагрузки при продолжительности вахт от двух недель до нескольких месяцев. Профессиональная деятельность на УПО предполагает высокую интенсивность тяжести трудового процесса, более продолжительную рабочую смену, уменьшение межсменного отдыха при минимальном социальном и бытовом обеспечении и выраженном длительном воздействии факторов хронического социального стресса [12, 13]. Ежедневная высокоинтенсивная профессиональная нагрузка, работа в ночные смены, ограниченность доступа к объектам социальной инфраструктуры, резкая смена бытовых условий могут привести к психоэмоциональному напряжению, развитию тревожности, депрессии и фрустрации у вахтовых рабочих [14]. Проживание в замкнутом пространстве в вахтовом поселке может привести к быстрому распространению инфекционных заболеваний, передающихся воздушно-капельным путем, что диктует необходимость проведения постоянного санитарно-эпидемиологического контроля за всеми посетителями производственных участков.

Учитывая необходимость тщательного мониторинга состояния здоровья работников УПО для сохранения их здоровья, а также обеспечения безопасных условий труда, к организации медицинской службы предъявляются высокие требования.

Цель исследования — анализ и обобщение данных по организации оказания медицинской помощи на удаленных промышленных объектах, расположенных в экстремальных условиях высокогорья.

Проведен анализ научной литературы за период 2015–2025 гг., посвященной особенностям медицинского обеспечения вахтовых рабочих в условиях высокогорья, в электронных базах данных PubMed, eLibrary, Cochrane; на сайтах Международного общества по горной медицине (International Society for Mountain Medicine, ISMM)¹, Международной комиссии по Альпийской спасательной службе (Internationale Kommission für Alpine Rettung, ICAR)². В анализ включены источники, содержащие сведения о типах организации медицинской помощи на УПО, находящихся в районах Восточной Сибири, Арктики и Дальнего Востока Российской Федерации, а также на высокогорных УПО в Кыргызской Республике. Исключены: статьи без полного текста, дублирующие публикации, не относящиеся к направлению организации медицинской помощи в условиях высокогорья, посвященные рекреационным восходителям. Использовали ключевые слова: удаленное здравоохранение, горная медицина, промышленная медицина, удаленные промышленные объекты, организация здравоохранения, вахтовый метод, медицинская эвакуация. В процессе поиска было отобрано 96 публикаций, после скрининга в обзор включено 68 публикаций. Схема исследования представлена на рисунке 1.

¹ International Society for Mountain Medicine. <https://ismm.org/>

² International Commission for Alpine Rescue. <https://www.alpine-rescue.org/>

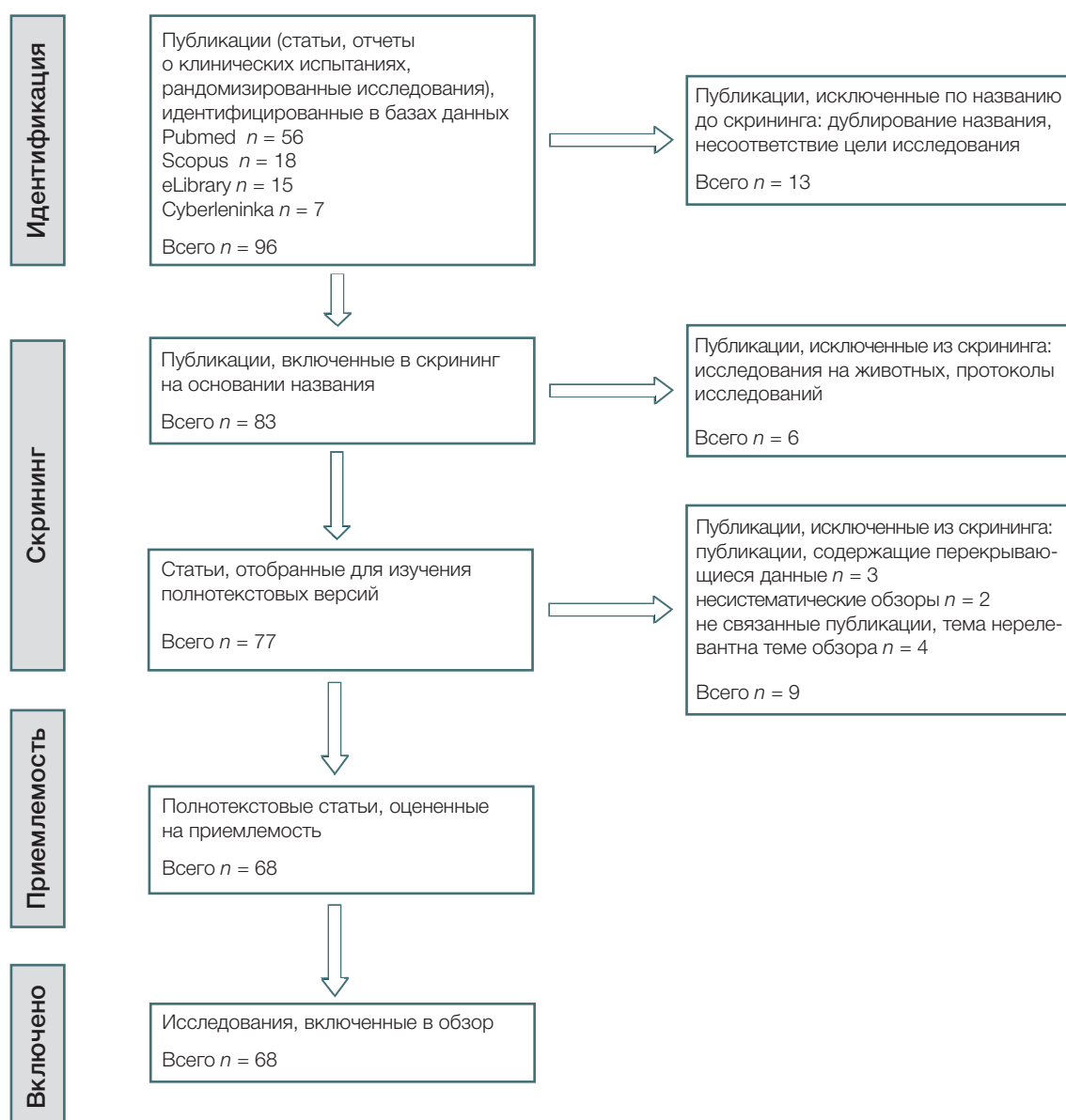


Рисунок подготовлен авторами

Рис. 1. Блок-схема исследования

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Производственная деятельность в неблагоприятных и экстремальных климатических условиях может способствовать возникновению и росту профессиональной патологии, что диктует необходимость более углубленной оценки состояния здоровья людей, временно проживающих на таких территориях.

По данным статистического комитета³ за 2025 г., по результатам периодических медицинских осмотров и обращаемости за медицинской помощью в структуре заболеваемости среди вахтовых рабочих УПО в высокогорье первые три места в порядке рангового убывания занимают заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и костно-мышечной системы. При этом доля заболеваний, связанных с воздействием высокогорья, в структуре заболеваемости составляет до 10% (табл. 1).

Частота возникновения ОГБ у вахтовых рабочих в высокогорье вариабельна и составляет 25–80% случаев в зависимости от условий и скорости подъема и уровня высоты. В работе J.G. Farias и соавт. показано, что частота возникновения ОГБ у вахтовых рабочих на горнодобывающем предприятии в Чили на высоте 4200 м достигала 52% от всех случаев обращения за медицинской помощью [15]. У вахтовых рабочих на горнодобывающем предприятии в Кыргызской Республике на высоте 3800 м частота ОГБ составляла 25% [16]; в публикации T.Y. Wu и соавт. отмечено, что при работе на высоте 3500–5000 м в КНР частота распространения ОГБ составляла 56% [17]. По данным P.J.G. Forster и соавт., среди вахтовых рабочих, обслуживающих телескоп на Гавайях на высоте 4200 м, частота распространения ОГБ составила 80% [18].

В структуре травматизма среди вахтовых рабочих УПО на высокогорных объектах в Кыргызстане

³ Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. <https://stat.gov.kg/ru/>

Таблица 1. Структура заболеваемости среди вахтовых рабочих на высокогорных объектах в Кыргызстане

№ п/п	Причина (Код по МКБ-10)	Доля в структуре, %	Основные нозологии	Факторы риска
1	Болезни органов дыхания (J00–J98)	30–40	Пневмокониоз, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), бронхит	Пыль, низкая температура атмосферного воздуха, гипоксия
2	Болезни системы кровообращения (I00–I99)	15–25	Гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца (ИБС), легочное сердце	Гипоксия, интенсивная физическая нагрузка
3	Болезни костно-мышечной системы (M00–M99)	10–15	Остеохондроз, радикулопатии	Общая/локальная вибрация, тяжелый физический труд
4	Болезни нервной системы (G00–G98)	5–10	Астения, энцефалопатия	Гипоксия
5	Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (S00–T98)	3–8	Отравления металлами, газами	Химические факторы
6	Влияние большой высоты (T70.2)	≤10	Острая и хроническая горная болезнь	Высота над уровнем моря свыше 3500 м

Таблица составлена авторами по данным интернет-источника⁴

преобладают механические травмы, возникающие в результате технических неисправностей, падений и обвалов горной породы. Наиболее распространенными видами травматизма с тяжелыми последствиями являются падение пострадавшего с высоты, воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и механизмов и транспортные происшествия. В то же время производственный травматизм от воздействия физических и химических факторов составляет порядка 15–20% (табл. 2).

В структуре смертности среди вахтовых рабочих на высокогорных объектах в Кыргызстане первое ранговое место занимают несчастные случаи и травмы, за ними следует смертность от сердечно-сосудистых заболеваний и осложнений респираторных заболеваний (10–15% случаев), доля смертности от интоксикаций составляет 5–10% (табл. 3).

Медицинская помощь работникам на УПО может оказываться собственной медицинской службой компании или нанятыми провайдерами медицинских услуг (аутсорсинг). При аутсорсинге медицинских услуг выполняются все виды медицинских вмешательств: оказание первой медико-санитарной и неотложной помощи, обеспечение лечебно-профилактических мероприятий, проведение периодических медицинских осмотров и вакцинаций, ведение статистического учета заболеваний, внедрение телемедицинских технологий медицинского сопровождения, выполнение экстренной медицинской эвакуации больных [19].

В рамках организации медицинской помощи силами промышленного предприятия требуется создание ведомственных медицинских служб, для чего необходимы разработка собственных стандартных операционных процедур, соблюдение преемственности

в диагностике, лечении, профилактике заболеваний, учете всех данных о заболеваемости, сохранение медицинской документации работников УПО для дальнейшего анализа и контроля за состоянием здоровья работников предприятия [20].

В Кыргызской Республике все горнодобывающие предприятия имеют собственную медицинскую службу. Метод аутсорсинга медицинских услуг на удаленных объектах не используется из-за несовершенства и неполноты нормативно-правовой базы в этой области и низкого уровня развития частной медицины в стране.

В структуре организации медицинской службы на УПО, разработанной в Сибирском государственном медицинском университете, апробированной на многих УПО в Российской Федерации и в горной местности в Кыргызской Республике, выделяют следующие этапы:

- организация инфраструктуры медицинского пункта, логистики и связи в высокогорье;
- организация лечебно-профилактической работы в условиях высокогорья;
- обучение и подготовка медицинских специалистов и вахтовых рабочих для работы в экстремальных условиях высокогорья;
- организация документооборота, куда также входят работа с медицинскими информационными системами, вопросы телемедицины, проведение аудитов и др.

Организация инфраструктуры медицинского пункта, связь и логистика на высокогорье

На этапе технико-экономического обоснования горнодобывающего проекта в техническом задании

⁴ Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. <https://stat.gov.kg/ru/>

Таблица 2. Структура травматизма среди вахтовых рабочих на высокогорных объектах в Кыргызстане

№ п/п	Вид травматизма	Доля в структуре, %	Характеристика инцидента
1	Механические травмы	50–70	Падения, обвалы горной породы, технические неисправности
2	Производственные травмы: - воздействие физических факторов - воздействие химических факторов	10–20 10–15 5–10	Взрывы, обрушения Обморожения, переохлаждения Отравление газом

Таблица составлена авторами по данным интернет-источника⁵

Таблица 3. Структура смертности среди вахтовых рабочих на высокогорных объектах в Кыргызстане

№ п/п	Причина смертности	Доля в структуре, %	Характеристика инцидента
1	Несчастные случаи и травмы	40–60	Аварии, обвалы
2	Сердечно-сосудистые заболевания	20–30	Острый коронарный синдром и другие острые патологические состояния
3	Респираторные осложнения	10–15	Отек легких, дыхательная недостаточность
4	Инттоксикации	5–10	Угарный газ, промышленные газы
5	Прочие	≤5	Переохлаждение

Таблица составлена авторами по данным интернет-источника⁶

предусматривается организация медицинской службы на производственном участке в высокогорье, прописываются положение о медицинской службе, объем и вид медицинских услуг, штатное расписание, должностные обязанности персонала, списки необходимых медикаментов, расходных материалов и оборудования, помещения и прочие условия, необходимые для функционирования медицинской службы.

Основными принципами организации и эксплуатации медицинского пункта (МП) на УПО, расположенного в условиях высокогорья, являются: выбор территории для размещения пункта (учет рельефа местности и степени ее пересеченности, близость к транспортным коммуникациям); расчет количества медицинского персонала; оснащение медицинской техникой, расходными материалами и лекарственными средствами в зависимости от численности работающего контингента; организация связи МП на УПО (внедрение в работу телемедицинских технологий, использование спутниковых каналов связи и подключение к системе круглосуточных медицинских центров поддержки); логистические мероприятия на УПО (обеспечение бесперебойного контроля движения материальных ценностей и информационных потоков с учетом специфики деятельности УПО, сезонности транспортного сообщения, длительности маршрутов, особенностей связи; разработка долгосрочной стратегии развития логистической системы и краткосрочных операционных планов для достижения поставленных целей) [21].

Выбор формата медицинской службы зависит от уровня рисков и численности работающего персонала на УПО. Медицинская служба может

функционировать в формате фельдшерского пункта для объектов с малым числом сотрудников (50–60 человек) и невысоким риском, при численности сотрудников на предприятии более 500 человек медицинская помощь оказывается в медицинском пункте с кабинетом врача, процедурной, складом для медикаментов, изолятором и другими вспомогательными кабинетами.

Медицинская служба на УПО в горной местности состоит из нескольких (минимум двух) подразделений: главный МП УПО (фельдшерский или врачебный) и МП на центральном контрольно-пропускном пункте (КПП). В МП, располагающемся в вахтовом поселке, оказывают медицинскую помощь, в том числе неотложную, по обращаемости контингента, проводят медицинские осмотры, лечение больных и вакцинопрофилактику, организуют медицинские эвакуации (плановые или экстренные) и осуществляют постоянный мониторинг состояния здоровья работающих, сбор и обработку статистических данных, подготовку отчетов.

Медпункт на центральном КПП размещают при въезде на производственный участок и оборудуют базовой медицинской аппаратурой для контроля жизненных показателей: клиничко-лабораторной техникой и экспресс-тестерами для определения наркотических веществ, алкоголя и различных запрещенных препаратов в биологических средах. Основной задачей этого медпункта является скрининг всех заезжающих на производственный участок вахтовых рабочих и подрядчиков [22].

При наличии дополнительных производств, находящихся на удалении от вахтового поселка и основного производства, возможно создание дополнительного

⁵ Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. <https://stat.gov.kg/ru/>

⁶ Там же.

МП непосредственно вблизи территории производственного участка, который также должен быть оснащен базовым медицинским оборудованием для проверки жизненных показателей, необходимым запасом основных лекарственных препаратов, в том числе для лечения неотложных состояний, аптечкой с антидотами. Основной задачей дополнительного медицинского пункта является проведение утреннего профосмотра рабочих с применением программно-аппаратных комплексов, а также проведение тренинга для вахтовых рабочих по оказанию первой помощи пострадавшим [23].

Особенностью работы МП в условиях высокогорья является большое количество обращений рабочих с ОГБ, в связи с этим в перечень оборудования необходимо включить источники кислорода (кислородные цилиндры, кислородные концентраторы) и барокамеру для лечения острых горных расстройств [24, 25].

Для оснащения МП оборудованием, лекарственными препаратами и расходными материалами можно использовать руководства международных организаций, составленные для работы медицинских служб, расположенных на удаленных локациях. Также хорошей практикой является включение фармацевта в штат персонала медицинской команды, задачами которого является взаимодействие с поставщиками медикаментов, регулярное проведение инвентаризации лекарственных препаратов и оборудования, закупка медикаментов и их отправка на производственную площадку [26].

Основным средством связи между всеми УПО, включая медицинскую службу, является телефонная связь. Медицинская служба должна быть оснащена всеми видами связи (интернет, радио-, сотовой и спутниковой связью). С помощью спутниковых технологий реализуются дистанционная диагностика и консультации, а также обеспечивается оперативный доступ к электронным картам пациентов для изучения анамнеза, что особенно важно для работников УПО [27, 28].

Логистическое обеспечение на УПО включает в себя санитарные автомобили для выполнения своевременных эвакуационных мероприятий с УПО в горной местности работников с серьезными заболеваниями и травмами в ближайшее профильное лечебное учреждение. На УПО необходимо иметь как минимум две машины скорой медпомощи (СМП), работающие на бензиновых двигателях, с колесной формулой 4x4, водители должны быть освобождены от иных видов деятельности и быть готовыми для выполнения срочной медицинской эвакуации. Машины СМП должны быть оснащены всем необходимым медицинским оборудованием (аппаратом искусственной вентиляции легких, системой автоматической подачи кислорода, электрокардиографом, дефибриллятором, инфузوماتом для дозированного введения лекарств и др.), быть в рабочем состоянии и постоянно находиться в отапливаемом гараже. Также санитарный транспорт должен быть оснащен радиосвязью и картой с указанием зон приема и соответствующих радиоканалов по пути следования, а для обеспечения постоянной связи с эвакуационным транспортом необходимо использование GPS во время ее движения [29]. Другие доступные транспортные средства могут включать

в себя санитарную авиацию (вертолет). В этих случаях необходимо рассмотреть организацию вертолетной площадки или взлетной полосы.

С развитием цифровых технологий значительно возрос опыт применения телемедицинских технологий на УПО. В исследовании Т.С. Смаль и соавт. представлены результаты анализа частоты и характера расхождений в диагностических решениях при описании рентгеновских снимков врачом на месте (отдаленные территории проживания) и экспертами с помощью технологий дистанционного оказания медицинских услуг. Определены наиболее часто встречающиеся виды диагностических ошибок, проведена оценка качества описания рентгенограмм [30].

Возможность построения новой модели медицинского обеспечения с соблюдением единых стандартов медицинской помощи при введении телемедицинского и мобильного компонентов показана В.М. Левановым и соавт.: новые элементы системы могут включать дооснащение МП УПО медицинским и телекоммуникационным оборудованием с подключением их к медицинским информационным системам; внедрение систем обмена медицинской информацией; применение пациент-ориентированных персональных аппаратно-программных комплексов в целях профилактики, контроля лечения и реабилитации работников; использование мобильных телемедицинских комплексов; наращивание материально-технического и кадрового потенциала служб экстренной медицинской помощи и медицинской эвакуации; развитие систем цифровой связи между подразделениями первичного звена здравоохранения, службами скорой помощи, санитарной авиации и центрами специализированной и высокотехнологичной помощи [31]. Другими авторами были представлены сведения о применении телемедицинских технологий на предприятиях нефтедобывающих компаний в районах Крайнего Севера [32].

В исследовании М. Martinelli и соавт. отмечена возрастающая роль телемедицинских консультаций в работе МП, расположенных в горной местности. Представлены данные об апробации европейского проекта e-Rés@MONT (Interreg ALCOTRA), в рамках которого была разработана система временных видеоконференций для динамического медицинского наблюдения заболеваний, возникающих на большой высоте (таких, как ОГБ, высокогорный легочный и церебральный отек). В ходе реализации проекта проведено 702 телеконсультации: 333 (47%) человека перенаправлены узкопрофильным специалистам, 356 (51%) наблюдались врачами удаленно и 13 (2%) пациентов требовали немедленных вмешательств. В представленных случаях применение телемедицинских технологий позволило избежать 30 необоснованных вмешательств: 18 поездок скорой помощи, 12 вылетов санитарной авиации и, соответственно, связанных с этим госпитализаций в отделение неотложной и специализированной помощи, а также достичь финансовой экономии средств в размере 75 489 евро [33].

В исследовании Y.J. Zhou и соавт. дана информация о внедрении телемедицинского ультразвукового обследования 708 пациентов в удаленных районах Китая с привлечением удаленного эксперта и использованием системы tele-HHUS (STOCK, Чэнду, Китай),

что позволило 75% больных получить услугу по месту жительства без посещения медицинской клиники [34].

В некоторых публикациях представлены данные о проведении телеобучения персонала [35], телеконсультаций, телемониторинга динамики заболеваемости у пациентов с хронической патологией [36, 37]. Однако широкое внедрение телемедицинских технологий в повседневную практику удаленного здравоохранения требует существенного увеличения объемов финансирования для базового оснащения медицинских пунктов, технической поддержки, координации этой деятельности и подготовки соответствующих специалистов [38].

Организация лечебно-профилактической работы в условиях высокогорья

Лечебно-профилактическая работа заключается в оказании первичной и неотложной помощи больным с горной патологией, травмами, острыми хирургическими заболеваниями в полном или сокращенном объеме, в зависимости от медицинских возможностей, стабилизации состояния больного и при необходимости его эвакуации в специализированное лечебное учреждение. Перечень и объем запасов медикаментов и расходных материалов зависит от расположения объекта, количества сотрудников, особенностей производственной деятельности; в настоящее время не существует единого утвержденного списка, предназначенного для МП, расположенных в высокогорье. В качестве шаблона используется список медикаментов, рекомендованный WHO Model List of Essential Medicines⁷ и Приказом № 617 от 7.12.2011⁸, который содержит 136 наименований и предназначен для оказания медицинской помощи вахтовым рабочим в количестве не более 500 человек. Такие списки не являются жестко регламентированными и могут быть адаптированы в соответствии с потребностями медицинского пункта на УПО с учетом местности функционирования: антималярийные препараты — в тропических странах, препараты для акклиматизации к большой высоте (ацетазоламид, дексаметазон и др.) — в высокогорье.

Медицинские работники выполняют также санитарно-гигиенические и профилактические мероприятия на производственном участке: медицинские осмотры рабочих, контроль качества воды и пищевых продуктов и другие.

В работе Э.Р. Бадмаевой⁹ представлена схема организационной технологии совершенствования оказания медицинской помощи работникам УПО на базе фельдшерского/врачебного МП. Ее рекомендовано включить в общую информационную систему с доступом и представлением сведений в базы данных по результатам проведения периодических медицинских осмотров, медицинских эвакуаций. Также МП на УПО должны поддерживать круглосуточную связь с контакт-центрами, координирующими работу УПО; специалисты медицинской службы УПО могут получать телемедицинские консультации от врачей-специалистов

и обучаться по образовательным программам удаленного здравоохранения.

Организация оказания общетерапевтической помощи работающим в условиях средне- и высокогорья заключается в последовательной реализации профилактических мероприятий (высотной акклиматизации, фармакологической профилактики горной болезни, проведения адекватной регидратации и предупреждения нарушений электролитного обмена, защиты от светового поражения глаз и кожных покровов, предупреждения холодовой травмы), лечения ранних проявлений ОГБ и предупреждения ее осложнений, оказания терапевтической помощи при декомпенсации соматических заболеваний [39].

Основными подходами к профилактике ОГБ у общей популяции работников являются ступенчатая акклиматизация, предусматривающая: постепенный набор высоты (рекомендован подъем не более чем на 300–500 м в день после достижения высоты 3000 м с выделением дней отдыха за каждые 1000 м набора высоты); совершение выхода на более высокую высотную отметку за день с последующим спуском на ночь на меньшую высоту; начиная с 3000 м высота каждого последующего места для сна не должна превышать предыдущую более чем на 300–500 м; поэтапный подъем на высоту с обязательными остановками на одни сутки для адаптации, что снижает риск развития ОГБ; соблюдение питьевого режима и мониторинг состояния основных физиологических систем.

При подъеме на высоту 2500–3000 м для рекреационных восходителей рекомендовано провести одни сутки для адаптации на высоте 2500 м; далее при подъеме на высоту 3000–4000 м каждые 1000 м подъема прерывать одними сутками отдыха на промежуточной высоте. В двух независимых исследованиях установлено, что пребывание в течение 6–7 дней на умеренной высоте (≈ 2200 –3000 м) или двухдневное пребывание на высоте 3000 м перед переходом на большую (4300 м) высоту (так называемый «ступенчатый/плавный подъем») снижало риск развития ОГБ, улучшало показатели легочной вентиляции и оксигенацию, а также снижало давление в легочной артерии [40, 41]. В работе [42] показана целесообразность кратковременного пребывания на промежуточных высотах (около 1500 м) с физиологической точки зрения для снижения риска развития ОГБ.

В связи с постоянным пребыванием вахтовых рабочих в условиях высокогорья и непрерывным производственным процессом проведение ступенчатой акклиматизации у них практически невозможно. Вахтовые рабочие поднимаются на производственный участок за один день с высоты уровня моря на высоту 3800–4200 м.

Фармакологической поддержкой адаптации и профилактики ОГБ является прием ацетазоламида, дексаметазона, ибупрофена, нифедипина, тадалафила, силденафила (табл. 4).

⁷ Model List of Essential Medicines. <https://www.who.int/groups/expert-committee-on-selection-and-use-of-essential-medicines/essential-medicines-lists?ysclid=mnrg1jc38e497785540>

⁸ Приказ Министерства здравоохранения Кыргызской Республики № 617 от 7.12.2011 «О мерах по совершенствованию экстренной (скорой) медицинской помощи населению Кыргызской Республики».

⁹ Бадмаева ЭР. Совершенствование организации медицинской помощи работникам на удаленных промышленных объектах: автореф. дис. ... канд. мед. наук. ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья им. Н.А. Семашко»; М., 2023.

Таблица 4. Рекомендуемые дозы лекарственных препаратов, используемых для профилактики и лечения различных форм острой высотной болезни

Препарат	Показание	Способ применения и режим дозирования
Ацетазоламид (диакарб, диамокс)	Профилактика ОГБ, ВОГМ	Перорально 125 мг каждые 12 ч ^{a,b} У детей: 1,25 мг/кг м.т. каждые 12 ч (максимально разовая доза 125 мг)
	Лечение ОГБ ^c	Перорально 250 мг каждые 12 ч У детей: 2,5 мг/кг м.т. каждые 12 ч (максимально разовая доза 250 мг)
Дексаметазон	Профилактика ОГБ, ВОГМ	Перорально 2 мг каждые 6 ч или 4 мг каждые 12 ч ^a У детей: не использовать для профилактики
	Лечение ОГБ, ВОГМ	Перорально, внутривенно/внутримышечно ОГБ: 4 мг каждые 6 ч ВОГМ: 8 мг разово, затем 4 мг каждые 6 ч У детей: 0,15 мг/кг м.т. каждые 6 ч (максимально разовая доза 4 мг)
Ибупрофен	Головная боль	Перорально 600 мг каждые 8 ч
Нифедипин (медленного высвобождения)	Профилактика ВОЛ	Перорально 30 мг каждые 12 ч или 20 мг каждые 8 ч ^d
	Лечение ВОЛ	Перорально 30 мг каждые 12 ч или 20 мг каждые 8 ч ^d
Тадалафил	Профилактика ВОЛ	Перорально 10 мг каждые 12 ч ^d
Силденафил	Профилактика ВОЛ	Перорально 50 мг каждые 12 ч ^d

Таблица составлена авторами по данным источника¹⁰

Примечание. ОГБ — острая горная болезнь; ВОГМ — высокогорный отек головного мозга; ВОЛ — высокогорный отек легких; а — для лиц, поднимающихся на заданную высоту и остающихся на ней после достижения целевой отметки, прием препарата продолжать в течение 2 дней (у лиц, придерживающихся рекомендованной скорости подъема) и 2–4 дня (у лиц, поднимающихся быстрее рекомендованной скорости); b — доза применима для профилей подъема с низким и умеренным рисками (для профилей подъема с высоким риском рекомендуется принимать по 250 мг 2 раза в день); с — ацетазоламид также может быть использован в этой дозировке в качестве дополнения к дексаметазону при лечении ВОГМ, хотя дексаметазон остается препаратом первой линии; d — при профилактике ВОЛ у лиц, поднимающихся на заданную высоту и остающихся на ней, прием препарата после достижения высоты следует продолжать: в течение 4 дней (при соблюдении рекомендуемой скорости подъема) и 4–7 дней при превышении рекомендуемых темпов подъема.

Ацетазоламид — препарат сульфаниламидной группы, рекомендуемая доза для профилактики ОГБ у взрослых 125 мг каждые 12 ч. Механизм действия ацетазоламида при лечении ОГБ основан на его способности ускорять физиологическую акклиматизацию за счет влияния на кислотно-щелочное равновесие и дыхание. Ацетазоламид блокирует фермент карбоангидразу в почках и других тканях, что снижает реабсорбцию бикарбоната и усиливает его выведение с мочой. Потеря бикарбоната приводит к легкому метаболическому ацидозу, снижению pH крови, стимулированию дыхания с увеличением минутной вентиляции легких, что способствует повышению альвеолярного и артериального P_{O_2} . Благодаря усиленному дыханию происходит повышение насыщения крови кислородом и уменьшение симптомокомплекса гипоксии — ключевого фактора развития ОГБ.

В публикации S.E. McIntosh и соавт. [43] отмечено, что при приеме препарата в дозе 62,5 мг каждые 12 ч не наблюдали снижения фармакологического эффекта. В то же время G.S. Lipton и соавт. [44] в рандомизированном контролируемом исследовании показали, что применение ацетазоламида в дозе 62,5 мг менее эффективно в профилактике ОГБ, чем 125 мг, а более

высокие дозы (250 мг каждые 12 ч) могут быть рекомендованы лишь при подъеме на высоту до 5000 м в условиях повышенного риска, хотя прямых сравнений режимов приема и дозирования препарата проведено не было. Рекомендуемая доза ацетазоламида для детей составляет 1,25 мг на 1 кг м.т. (максимальная — 125 мг) каждые 12 ч. Однако у данного препарата имеются побочные реакции: увеличение диуреза (что в условиях высокогорья может способствовать дополнительной дегидратации и электролитному дисбалансу), парестезии, аллергические реакции, анафилаксия. Наличие аллергических реакций любого типа, вызванных сульфаниламидными препаратами, или синдром Стивенса – Джонсона в анамнезе являются противопоказаниями к приему ацетазоламида, а при длительном приеме препарата может развиваться лейкопения, тромбоцитопения, апластическая анемия [45].

В некоторых работах изучено применение ингаляций будесонида в дозе 200 мкг 2 раза в день в профилактике ОГБ в сравнении с плацебо. Хотя установить четкий механизм профилактического действия ОГБ не удалось, были отмечены улучшения показателей спирометрии и сатурации [46, 47].

¹⁰ Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention, Diagnosis, and Treatment of Acute Altitude Illness: 2024 Update. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2024;35(1):2S–19S. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2023.05.013>

При развитии ОГБ непосредственно на производственном участке лечение направлено на снижение физической нагрузки и обеспечение кислородной потребности организма (ингаляция кислорода), а также профилактический прием ацетазоламида в дозе 250 мг в день каждые 12 ч в течение двух-трех дней. При ОГБ тяжелой степени (10–12 баллов по шкале Лейк Луис) [48] и при развитии высокогорного отека легких работника необходимо срочно эвакуировать вниз на равнину.

При осуществлении производственной деятельности в горах плановая или экстренная эвакуация осуществляется по заранее разработанным эвакуационным маршрутам, для каждого из которых надлежит иметь достаточные медицинские силы и средства. В ряде случаев такие направления могут быть изолированными и разобщенными на десятки километров. Особенности транспортировки больных с УПО в условиях высокогорья являются эвакуация из труднодоступных районов с неразвитой дорожной сетью, резкая смена погодных условий, короткое светлое время суток.

Особенности медицинской эвакуации (МЭ) с помощью санитарной авиации в горной местности — короткое светлое время суток, часто неудовлетворительные погодные условия и высокие финансовые затраты. Во многих странах отсутствует единая государственная служба, занимающаяся организацией и проведением МЭ с любых объектов независимо от их назначения или ведомственной принадлежности. Использование санитарной авиации для эвакуации пострадавших с УПО может значительно сократить время спасательных операций в горных районах. Спасательные вертолеты должны работать в рамках существующей системы оказания неотложной медицинской помощи с соответствующим горноспасательным

и медицинским персоналом, а также с медицинским и спасательным оборудованием на борту [49].

В европейских странах, США, Канаде существует система подготовки медицинских бригад, выполняющих эвакуацию пострадавших на авиатранспорте от УПО до принимающей медицинской организации. Такие бригады обеспечивают стабилизацию состояния больного и поддержку его жизнедеятельности во время полета [50].

При нахождении УПО на высоте более 3500 м можно применять двухэтапную систему для эвакуации (данная схема применяется в компании «Кумтор») ввиду значительной удаленности УПО от населенных пунктов. Для правильной организации своевременного лечебно-эвакуационного обеспечения одним из основных критериев правильного ее проведения является минимизация времени от момента получения травмы/заболевания у пострадавшего до оказания (при необходимости) специализированной и высокотехнологичной помощи. При двухэтапной схеме МЭ создается промежуточный МП (примерно на высоте 1700–1800 м над уровнем моря), который является транзитным логистическим звеном, осуществляющим доставку, хранение, сортировку медицинских грузов, смену персонала и решающим другие оперативные задачи. Медицинский пункт на операционной базе используется при эвакуации пациентов (с горной болезнью тяжелой степени и с высокогорным отеком легких), нуждающихся только в спуске с высоты. Также промежуточный медицинский пункт может быть задействован при эвакуации во время плохих погодных условий, ночном времени суток, нестабильности пациента, проблемах с транспортом и т.д. Время в пути от рудника Кумтор до промежуточного медпункта составляет один час; в медпункте работает фельдшер (рис. 2).

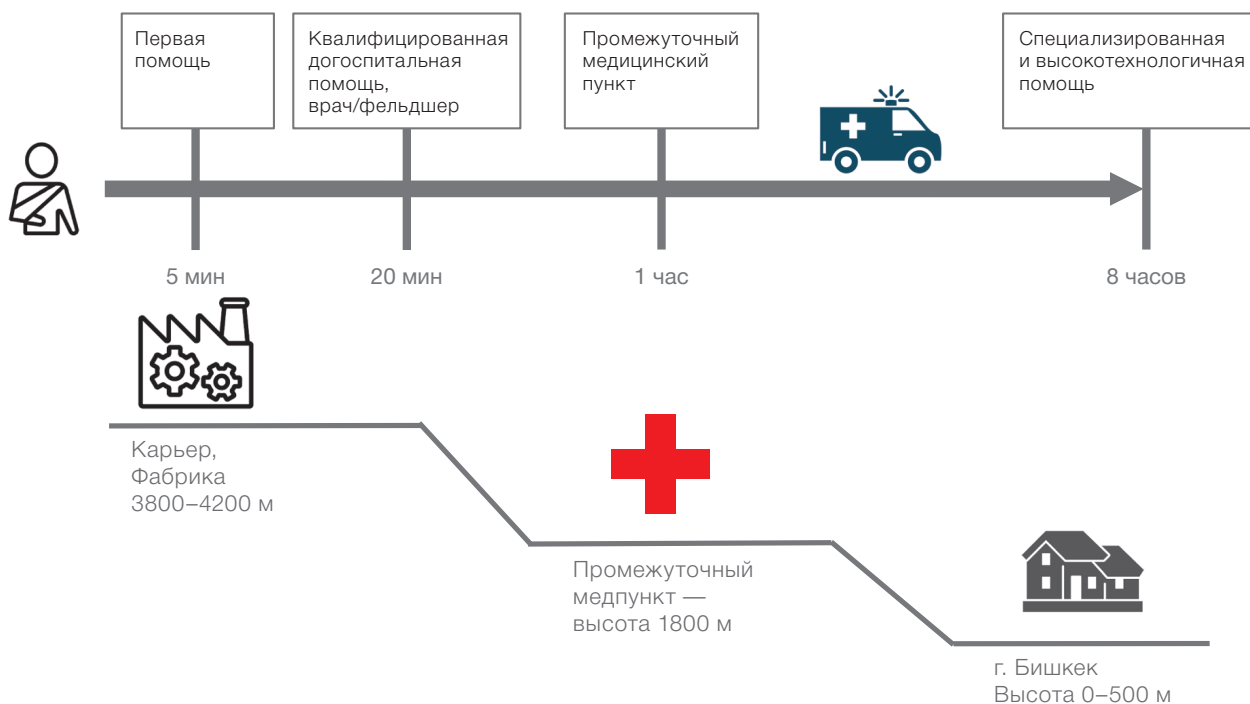


Рисунок подготовлен авторами по данным [22]

Рис. 2. Схема двухэтапной системы организации медицинской эвакуации в условиях высокогорья

В некоторых российских исследованиях по организации МЭ персонала на УПО проведена оценка структуры причин всех эвакуаций в зависимости от возраста и профиля промышленного предприятия. Так, А.Б. Карпов и соавт. представили анализ экстренных МЭ среди работников УПО, проведенных в период 2018–2020 гг. Выявлено, что основными причинами эвакуации являются: травмы и отравления в 367 (24,5%) случаях, болезни системы кровообращения — 307 (20,5%) случаев и органов пищеварения — 256 (17,1%). Определены различия в структуре причин экстренных медицинских эвакуаций: среди работников молодого возраста (младше 40 лет) главной причиной эвакуаций являются травмы и отравления в 30,3% случаев, в старших возрастных группах лидируют болезни системы кровообращения — 37,4% [51].

Иногда срочная эвакуация невозможна по техническим и погодно-климатическим причинам. В этих случаях лечение в барокамере с повышенным давлением дает хорошие временные результаты. Однако данные по использованию барокамер для лечения ОГБ ограничены вследствие слабой доказательной базы, а применение метода «симулированного спуска» в контексте гипербарической терапии рассматривается как временная мера, а не полноценная замена спуска больного на низкое горье. Тем не менее применение барокамер целесообразно.

Существует два типа барокамер для лечения ОГБ: первый тип — портативные барокамеры, сделанные из полиуретана (мешок Гамова); второй тип — стационарные барокамеры. Мешок Гамова (вес 7 кг) рассчитан на одного человека и рекомендован для использования всеми альпинистами, совершающими восхождение на большую высоту [52]. Его основным принципом работы является возможность повышения давления внутри барокамеры насосом до значений атмосферного давления на высоте 1500 м.

Лечебный эффект барокамеры (гипербарической терапии) при лечении ОГБ основан на искусственном повышении давления, т.е. «симулируется спуск с высоты» без фактического спуска больного, при этом повышается парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе внутри барокамеры, поскольку в ней увеличивается давление воздуха с помощью насоса. В результате улучшается насыщение крови кислородом, быстро уменьшается гипоксия — основная причина симптомов ОГБ.

Давление в барокамере соответствует атмосферному давлению на меньшей высоте (на 1000–3000 м ниже, чем фактическое давление), что является ключевым терапевтическим эффектом, аналогичным реальному спуску. Происходит улучшение оксигенации, снижается вазогенный отек тканей и внутричерепное давление, что в итоге приводит к снижению отека мозга. В легких происходит улучшение гемодинамики и микроциркуляции, снижается легочная гипертензия и улучшается доставка кислорода тканям. Клинический эффект развивается быстро: от нескольких минут до часа [53].

В клиническом исследовании J.F. Kasic и соавт. [54] сравнили два метода лечения у 24 больных с ОГБ, которых случайным образом распределили на группы: первой проводили гипербарическое лечение (имитировали

снижение высоты 1432 м путем помещения пациентов в тканевую гипербарическую камеру и повышения давления в камере до 120 мм рт. ст. (2,3 PSI) выше окружающего давления), второй — терапию кислородной ингаляцией. Оба курса длились в течение 2 ч. Получен одинаковый эффект от обоих методов лечения: скорость уменьшения симптоматики ОГБ в обеих группах не отличалась, т.е. применение барокамеры по эффективности сопоставимо с использованием ингаляций кислорода для кратковременного облегчения состояния у больных с ОГБ.

В работе Markovic и соавт. [55] описан опыт успешного лечения высокогорного отека легких у 37-летнего больного в условиях барокамеры на высоте 7060 м. Авторы с помощью портативной барокамеры Gamow Bag создавали давление 103 мм рт. ст. без дополнительного использования кислорода, что соответствовало «симулированному спуску» на высоту до 4400 м. Лечение было успешным, симптомы ВОЛ были купированы, в дальнейшем пациент был спущен до высоты 2000 м и успешно восстановился.

D. Simanchas-Racines и соавт. провели оценку клинической эффективности и безопасности немедикаментозных и медикаментозных вмешательств в качестве монотерапии для лечения острого высотного заболевания при анализе 13 исследований и 468 участников. Установлено, что применение гипербарической оксигенации (в трех исследованиях с участием 124 человек) не приводило к повышению смертности, но и полного устранения симптомов ОГБ достигнуто не было. В одном исследовании с участием 64 человек установлено, что имитация снижения давления до 193 мбар по сравнению с 20 мбар может уменьшить выраженность симптомов до 2,5 против 3,1 единицы после 12 ч лечения (клиническая оценка варьировала от 0 до 11 — ухудшение; снижение в среднем на 0,6 балла при вмешательстве имело низкую доказательную базу). Кроме того, не было выявлено осложнений при использовании гипербарических камер по сравнению с дополнительным кислородом (одно исследование с 29 участниками).

Фармакологическое лечение ОГБ (дексаметазон, ацетазоламид) оценено в 11 исследованиях с участием 375 человек. Общая смертность не была указана; в одной публикации представлены данные о полном купировании симптомов ВОМГ через 12 и 16 ч при применении дексаметазона, а при приеме ацетазоламида снижение тяжести симптоматики было недостоверно (стандартизированная разница средних (SMD) -1,15, 95% ДИ [-2,56; 0,27]). В некоторых работах представлены данные о применении габапентина и сульфата магния, при этом авторами отмечена низкая доказательная база и отсутствие убедительных преимуществ перед другими методами лечения, в частности перед использованием ингаляций кислорода или дексаметазона [56].

На высокогорном предприятии Кумтор изучили эффективность стационарной барокамеры (рис. 3) у 72 больных обоего пола в возрасте 22–55 лет на высоте 3800 м. После проведенного лечения у 79% больных ($n = 57$) отмечали полное купирование симптомов ОГБ, у 12,5% больных ($n = 9$) был зафиксирован рецидив ОГБ в виде постоянной головной боли

и желудочно-кишечных расстройств, у 8,5% больных ($n = 6$) не выявлено эффекта от лечения. Наряду с этим при применении гипербарической оксигенации общее количество эвакуаций с месторождения Кумтор, связанных с горными расстройствами, за год снизилось на 50% [57].

Преимуществом стационарной барокамеры является возможность одновременного размещения 3–4 человек, после чего внутри нее повышается давление с помощью электрического насоса со скоростью 10 мбар/мин. Исходное атмосферное давление на высоте 3800 м равно 630 мбар. Целевое значение давления внутри барокамеры равно 160 мбар, что соответствует примерно высоте 1828 м над уровнем моря. Такое давление в барокамере достигается за 16 мин и является достаточным для лечения ОГБ. Время лечения в барокамере составляет 3–4 ч. После окончания сеанса лечения начинается постепенное снижение давления в барокамере в течение 30 мин. Побочные явления в процессе гипербарического лечения минимальны и сводятся к жалобам пациентов на неприятные проходящие ощущения давления в ушах. Таких осложнений, как баротравма барабанных перепонок, избыточное накопление CO_2 и явления клаустрофобии, не отмечали.

Таким образом, барокамеры обеспечивают «симулированный спуск» и приводят к быстрому уменьшению симптомов ОГБ; по данным клинических исследований, их эффективность сопоставима с кислородотерапией. Рядом авторов подчеркивается, что использование барокамеры эффективно для кратковременного лечения острых горных расстройств (ОГБ, ВОЛ, ВОМ), однако ввиду ограниченности доказательной базы этот метод лечения не заменяет спуск в низкогорье.



Фотография выполнена автором

Рис. 3. Стационарная гипербарическая барокамера в медицинской клинике на удаленном промышленном объекте на высоте 3800 м

Обучение и подготовка медицинских специалистов и вахтовых рабочих для работы в экстремальных условиях высокогорья

Медицинский персонал, оказывающий неотложную помощь на УПО в труднодоступных районах, должен обладать широким спектром специальной медицинской подготовки, опытом работы в экстремальных условиях и организаторскими способностями. Работа на УПО, ограниченные диагностические возможности требуют от медицинских работников психологической устойчивости, необходимости принимать неотложные единоличные решения, высоких коммуникативных, профессиональных и лидерских компетенций [58].

В исследовании Е.Г. Соколовича и соавт. при анализе данных 75 технических заданий группы компаний «Центр Корпоративной Медицины» показано, что медицинским работником на УПО должен быть врач-терапевт или врач общей практики с широким профилем компетенций, глубоким пониманием общемедицинских проблем, углубленной подготовкой по оказанию экстренной медицинской помощи, наличием специальных навыков по лечению угрожающих жизни состояний. Подготовка по оказанию экстренной медицинской помощи должна включать знание базовых и расширенных реанимационных мероприятий [59].

В публикации К.В. Логунова и соавт. подчеркивается, что подготовка медицинских кадров для работы на УПО должна быть важной частью стратегического развития любой современной компании, привлекающей работников для профессиональной деятельности на УПО [60].

Д.А. Вугвраа и соавт. считают, что, несмотря на наличие универсальных знаний по оказанию неотложной медицинской помощи, имеются различия в профессиональной подготовке медицинских кадров в зависимости от локализации объекта. Так, врачи, работающие на морских судах, должны иметь знания в области морской и водолазной медицины, профессиональной патологии, тропической медицины, а также навыки оценки рисков и локальных требований [61].

В работе Э.Р. Бадмаевой и соавт. доказана необходимость специальной подготовки для медицинского персонала по вопросам удаленного здравоохранения, совершенствования нормативной базы, регламентирующей порядок и алгоритмы оказания медицинской помощи работникам на УПО, внедрение телемедицинских консультаций, разработку электронных баз данных работников УПО [62].

Перед мобилизацией на УПО в высокогорье должна проводиться подготовка медицинских работников по стандартным операционным процедурам компании с обучением работе с медицинскими информационными системами в медпункте, системами телемедицины и экспресс-диагностики. Дополнительная подготовка медицинских работников должна включать обучение по вопросам удаленной медицины и неотложной медицины в виде курсов в специальных обучающих центрах, где медицинские работники изучают алгоритмы базовых и расширенных комплексов сердечно-легочной реанимации [63].

Некоторыми авторами отмечается недостаточный уровень знаний по горной медицине у медицинского

персонала, работающего в условиях высокогорья, в связи с чем целесообразно при подготовке медицинских специалистов для работы в горной местности постоянное и систематическое обновление навыков и профессиональных компетенций в сфере догоспитальной неотложной помощи в горных условиях. Последняя включает в себя обеспечение проходимости верхних дыхательных путей, проведение искусственной вентиляции легких, контроль кровотечения, иммобилизацию конечностей, лечение шоков различной этиологии, выполнение внутривенного доступа и проведение инфузионной терапии, тромболизис, медицинскую сортировку и др. [64, 65].

Теоретические знания и навыки, необходимые для медицинских специалистов на УПО в горной местности, предполагают лечение неотложных состояний по алгоритмам базовых и расширенных комплексов сердечно-легочной реанимации Национального совета по реанимации Российской Федерации¹¹, Европейского реанимационного совета¹², Американской ассоциации сердца¹³, знание руководств международной комиссии Альпийской спасательной службы по оказанию неотложной медицинской помощи при острой горной патологии¹⁴, знание основ профессиональных болезней, эпидемиологии и гигиены. В таблице 5 указан перечень теоретических знаний и практических навыков, необходимых для медицинских специали-

стов на удаленных промышленных объектах в горной местности.

Как в Российской Федерации, так и в Кыргызской Республике, согласно Трудовому кодексу, горнодобывающие компании должны организовывать обучение вахтовых рабочих алгоритмам оказания первой помощи и формировать группы помощников, задача которых — содействовать экстренным службам при возникновении чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера. Для обучения вахтовых рабочих могут быть организованы тренинги с привлечением частных компаний или государственных организаций, проводящих курсы по оказанию первой медицинской помощи [66].

Документооборот в медицинской службе УПО осуществляется согласно номенклатуре и в соответствии с нормативными требованиями государственных органов. Важной функциональной обязанностью медицинского работника является проведение регулярного аудита и проверки оборудования и документации.

Для облегчения документооборота медицинского пункта широко применяются медицинские информационные системы (МИС). Российская компания «Нобилис» внедрила информационную систему TouchMED на удаленных предприятиях ОАО «РЖД», ООО «ГазПром ТрансГаз НН», ПАО «Россети СЗ», АО «УдмуртАвтодор» [67].

Таблица 5. Теоретические знания и навыки, необходимые для медицинских специалистов на удаленных промышленных объектах в горной местности

№ п/п	Раздел компетенций	Необходимые знания	Практические навыки
1	Неотложная медицина	Алгоритмы лечения основных неотложных состояний: шок, острый коронарный синдром, острое нарушение мозгового кровообращения и др.	Сердечно-легочная реанимация, дефибрилляция, интубация трахеи, внутривенный доступ, медицинская эвакуация и др.
2	Травматология	Лечение травм, ожогов, переохлаждений, отравлений, использование шин и иммобилизация др.	Иммобилизация, контроль кровотечения, первичная хирургическая обработка раны, наложение швов, медицинская эвакуация и др.
3	Горная медицина	Острая горная болезнь, высокогорный отек легких и высокогорный отек мозга, переохлаждение, отморожение	Лечение в гипербарической камере, кислородная терапия
4	Медицина катастроф	Основы лечения пострадавших при массовых поражениях, сортировка пострадавших	Сортировка массовых пострадавших, медицинская эвакуация и др.
5	Инфекционные заболевания, санитария и гигиена	Основы инфекционного контроля и санитарно-гигиенических мероприятий	Скрининг и организация процедур по изоляции, ранней профилактике заболеваний
6	Профессиональные болезни	Основы защитных мероприятий от факторов производства: пыль, шум, вибрация, использование химических веществ	Скрининг, оценка рисков и организация процедур по ранней профилактике профессиональных заболеваний

Таблица составлена авторами по данным источника¹⁵

¹¹ Национальный Совет по реанимации Российской Федерации. <https://rusnrc.ru/>

¹² European Resuscitation Council. <https://www.erc.edu/>

¹³ American Heart Association. <https://www.heart.org/>

¹⁴ ICAR Med Com. <https://www.icar-med.com/>

¹⁵ Patients protocol manual. International SOS. <https://www.internationalsos.com/>

На месторождении Кумтор используется МИС Jonoke производства канадской компании Jonoke Software Development. Эта система позволяет вести истории болезни, вносить информацию о проводимом лечении и результатах обследований, создавать отчеты и анализировать обращения больных и характер патологии, проводить инвентаризацию медицинских препаратов и оборудования [68].

Большое значение имеет взаимодействие горнодобывающих компаний с местными органами власти и органами здравоохранения, а также с лечебными учреждениями в столице Кыргызской Республики. Все горнодобывающие компании должны заключать договоры на медицинское обслуживание с высокоспециализированными лечебными учреждениями в области горной медицины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными принципами организации и эксплуатации медицинского пункта на УПО, расположенного в условиях высокогорья, являются: создание медицинской инфраструктуры (в зависимости от численности работающего контингента), организация системы лечебно-профилактической работы, разработка стратегии развития логистической системы, организация связи и эвакуационных мероприятий.

Литература / References

1. Карпов АБ, ред. *Удаленное здравоохранение*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2024. Karpov AB, ed. *Remote Healthcare*. Moscow: GEOTAR-Media; 2024 (In Russ.).
2. Munir S. Comprehensive approach to remote healthcare in Arctic zones of the Russian Federation. *The Journal of the Institute of Remote Healthcare*. 2016;7(2):31–3.
3. Корнеева ЯА, Симонова НН. Оценка экстремальных факторов вахтового труда в условиях Арктики работниками с различными регуляторными процессами. *Гигиена и санитария*. 2016;95(4):381–6. Korneeva YaA, Simonova NN. Assessment of extreme factors of shift work in Arctic conditions by workers with different regulatory processes. *Hygiene and Sanitation*. 2016;95(4):381–6 (In Russ.). EDN: [VZVZON](https://doi.org/10.3390/ijerph20043186)
4. Luks AM, McIntosh SE, Grissom CK, Auerbach PS, Rodway GW, Schoene RB, et al. Wilderness Medical Society practice guidelines for the prevention and treatment of acute altitude illness: 2014 update. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2014;25(4 Suppl):S4–14. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2014.06.017>
5. Stream JO, Luks AM, Grissom CK. Lung disease at high altitude. *Expert Review of Respiratory Medicine*. 2009;3(6):635–50. <https://doi.org/10.1586/ers.09.51>
6. Macholz F, Sareban M, Berger MM. Diagnosing acute mountain sickness. *JAMA*. 2018;319(14):1509. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.0220>
7. Cameron H, McDevitt M, Kayser B, Kutz C, Dawadi S, Hawley A. Risk Determinants of Acute Mountain Sickness in Trekkers in the Nepali Himalaya: A 36-Year Follow-Up. *High Altitude Medicine & Biology*. 2026;27(1):17–22. <https://doi.org/10.1177/15578682251382432>
8. Viscor G, Corominas J, Carceller A. Nutrition and Hydration for High-Altitude Alpinism: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(4):3186. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043186>
9. Savioli G, Ceresa IF, Gori G, Fumoso F, Gri N, Floris V, et al. Pathophysiology and Therapy of High-Altitude Sickness: Practical Approach in Emergency and Critical Care. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(14):3937. <https://doi.org/10.3390/jcm11143937>
10. Бухтияров ИВ, Головкова НП, Чеботарев АГ, Сальников АА. Условия труда, профессиональная заболеваемость на предприятиях открытой добычи руд. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017;5:44–9. Bukhtiyarov IV, Golovkova NP, Chebotarev AG, Salnikov AA. Working conditions and occupational diseases at open-pit mining enterprises. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 2017;5:44–9 (In Russ.). EDN: [YNUNHR](https://doi.org/10.3390/jcm11143937)
11. Измеров НФ, Чеботарев АГ. Итоги исследований института и задачи их развития по проблемам медицины труда в горнодобывающих отраслях России. *Горная промышленность*. 2013;2(108):34–8. Izmerov NF, Chebotarev AG. Results of the Institute's research and development objectives on occupational health issues in the mining industries of Russia. *Mining Industry*. 2013;2(108):34–8 (In Russ.). EDN: [QYOKVT](https://doi.org/10.3390/jcm11143937)
12. Баянова АЕ, Жданова ЕВ, Лукьянова ЕГ. Критерии напряжения механизмов адаптации у здоровых мужчин, работающих вахтовым методом в условиях Крайнего Севера. *Журнал медико-биологических исследований*. 2023;11(4):462–70. Bayanova AE, Zhdanova EV, Lukyanova EG. Criteria for the

- stress of adaptation mechanisms in healthy men working on a rotational basis in the Far North. *Journal of Medical and Biological Research*. 2023;11(4):462–70 (In Russ.).
<https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z167>
13. Акимов АМ. Некоторые факторы хронического социального стресса у мужчин, занятых экспедиционно-вахтовой формой труда на арктических территориях Тюменского региона (пилотное исследование). *Сибирский научный медицинский журнал*. 2023;43(3):104–12.
Akimov AM. Some factors of chronic social stress in men engaged in expeditionary-shift work in the Arctic territories of the Tyumen region (pilot study). *Siberian Scientific Medical Journal*. 2023;43(3):104–12 (In Russ.).
<https://doi.org/10.18699/SSMJ20230313>
 14. Matamala PJ, Aguayo F. Mental health in mine workers: a literature review. *Industrial Health*. 2021;59(6):343–70.
<https://doi.org/10.2486/indhealth.2020-0178>
 15. Farias JG, Jimenez D, Osorio J, Zepeda AB, Figueroa CA, Pulgar VM. Acclimatization to chronic intermittent hypoxia in mine workers: a challenge to mountain medicine in Chile. *Biological Research*. 2013;46(1):59–67.
<https://doi.org/10.4067/S0716-97602013000100009>
 16. Ашырбаев АА, Толбашиева ГУ. Частота распространения острой горной болезни и факторы, влияющие на нее. *Вестник КРСУ*. 2019;19(1):65–7.
Ashyrbayev AA, Tolbashiya GU. Frequency of acute mountain sickness and factors influencing it. *KRSU Bulletin*. 2019;19(1):65–7 (In Russ.).
EDN: [ZALGSL](#)
 17. Wu TY, Ding SQ, Liu JL, Jia JH, Chai ZC, Dai RC. Who are more at risk for acute mountain sickness: a prospective study in Qinghai-Tibet railroad construction workers on Mt. Tanggula. *Chinese Medical Journal*. 2012;8:1393–400.
 18. Forster PJG. Reproducibility of individual response to exposure to high altitude. *BMJ*. 1984;289(6454):1269.
 19. Календжян СО, Ермакова СЭ, Измалков НС. Анализ основных особенностей аутсорсинга в здравоохранении. *Российское предпринимательство*. 2016;17(8):981–8.
Kalendzhyan SO, Ermakova SE, Izmalkov NS. Analysis of the main features of outsourcing in healthcare. *Russian Journal of Entrepreneurship*. 2016;17(8):981–8 (In Russ.).
<https://doi.org/10.18334/rp.17.8.35118>
 20. Перевезенцев ЕА. Особенности заболеваемости и системы медицинского обеспечения работников газовой промышленности. *Медицинский альманах*. 2017;6(51):12–6.
Perevezentsev EA. Features of morbidity and medical support systems for workers in the gas industry. *Medical Almanac*. 2017;6(51):12–6 (In Russ.).
EDN: [ZSMOAZ](#)
 21. Lentz T, Genty S, Gergereau A, Descatha A. Health Support for a Remote Industrial Site. *Frontiers in Public Health*. 2019;7:180.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00180>
 22. Ашырбаев АА. Эффективная модель организации медицинской службы в условиях удаленного здравоохранения в Кыргызской Республике. *Вестник КРСУ*. 2026;26(1):179–86.
Ashyrbayev AA. An Effective Model for Organizing Medical Services in the context of remote healthcare in the Kyrgyz Republic. *KRSU Bulletin*. 2026;26(1):179–86 (In Russ.).
EDN: [WKUZFQ](#)
 23. Кобякова ОС, Деев ИА, Бойков ВА, Перфильева ДЮ, Шибалков ИП, Антипов СА. и др. Некоторые организационные технологии оказания медицинской помощи в малочисленных и труднодоступных населенных пунктах. Организация здравоохранения и общественное здоровье. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2025;40(3):194–204.
 - Kobyakova OS, Deev IA, Boykov VA, Perfil'eva DYU, Shibalkov IP, Antipov SA, et al. Some organizational technologies for providing medical care in small and hard-to-reach settlements. Healthcare organization and public health. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2025;40(3):194–204 (In Russ.).
<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-194-204>
 24. Simancas-Racines D, Arevalo-Rodriguez I, Osorio D, Franco JVA, Xu Y, Hidalgo R. Interventions for treating acute high altitude illness. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018,6:CD009567.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD009567.pub2>
 25. Самойлов АС, Рылова НВ, Большаков ИВ, Казаков ВФ. Профилактика и лечение высотной болезни. *Медицина катастроф*. 2021;2:55–8.
Samoilov AS, Rylova NV, Bolshakov IV, Kazakov VF. Prevention and treatment of altitude sickness. *Disaster Medicine*. 2021;2:55–8 (In Russ.).
<https://doi.org/10.33266/2070-1004-2021-2-55-58>
 26. Ашырбаев АА, Бебезов БХ. Организация неотложной медицинской помощи в условиях удаленной медицины. В кн.: *Избранные вопросы анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицинской помощи*. Бишкек: КРСУ; 2023.
Ashyrbayev AA, Bebezov BK. Organization of emergency medical care in the context of remote medicine. In: *Selected issues of anesthesiology, resuscitation, and emergency medical care*. Bishkek: KRSU; 2023 (In Russ.).
EDN: [LGWYQS](#)
 27. Хаданова СВ. Использование технологии «ГЛОНАСС» при оказании скорой медицинской помощи. *Здравоохранение*. 2011;10:64–9.
Khadonova SV. Use of GLONASS technology in providing emergency medical care. *Healthcare*. 2011;10:64–9 (In Russ.).
EDN: [QBJZWL](#)
 28. Сатенова ГА, Сатенов ЖК, Неталиева ДП. Инновационные технологии в службе станции скорой медицинской помощи г. Актобе. *Медицинский журнал Западного Казахстана*. 2014;4(44):31–3.
Satenova GA, Satenov ZhK, Netalieva DP. Innovative technologies in the service of the ambulance station of Aktobe. *Medical Journal of Western Kazakhstan*. 2014;4(44):31–3 (In Russ.).
EDN: [UIQALT](#)
 29. Радущкевич ВЛ, Барташевич БИ. Оказание неотложной помощи в отдаленных и труднодоступных местностях. *Скорая медицинская помощь*. 2011;12(4):41–8.
Radushkevich VL, Bartashevich BI. Providing emergency care in remote and hard-to-reach areas. *Emergency Medical Care*. 2011;12(4):41–8 (In Russ.).
EDN: [RLQHCN](#)
 30. Смаль ТС, Завадовская ВД, Деев ИА. Применение телемедицинской технологии в лучевой диагностике для организации медицинского обслуживания территории с низкой плотностью населения. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2017;1:4.
Smal TS, Zavadovskaya VD, Deev IA. Application of telemedicine technology in radiation diagnostics for organizing medical services in areas with low population density. *Social Aspects of Population Health*. 2017;1:4 (In Russ.).
<https://doi.org/10.21045/2071-5021-2017-53-1-3>
 31. Леванов ВМ, Перевезенцев ЕА. Возможности комплексного использования телемедицинских технологий в системе медицинского обеспечения работающего населения на удаленных территориях (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;1:102–10.
Levanov VM, Perevezentsev EA. Possibilities of integrated use of telemedicine technologies in the system of medical

- support for the working population in remote areas (literature review). *Journal of New Medical Technologies*. 2019;1:102–10 (In Russ.).
<https://doi.org/10.24411/2075-4094-2019-16233>
32. Тесля АБ, Крюкова ВК. Обоснование необходимости применения технологий телемедицины для работников предприятий, расположенных в труднодоступных регионах РФ. *Научный вестник Южного института менеджмента*. 2018;4:100–6.
Teslya AB, Kryukova VK. Justification of the need to use telemedicine technologies for employees of enterprises located in hard-to-reach regions of the Russian Federation. *Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management*. 2018;4:100–6 (In Russ.).
33. Martinelli M, Moroni D, Bastiani L, Mrakic-Spota S, Giardini G, Pratali L, et al. High altitude mountain medicine. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2022;28(2):135–45.
<https://doi.org/10.1177/1357633X20921020>
34. Zhou YJ, Guo LH, Bo XW, Sun LP, Zhang YF, Chai HH, et al. Tele-mentored handheld ultrasound system for general practitioners: A prospective, descriptive study in remote and rural communities. *Diagnostics*. 2023;13(18):2932.
<https://doi.org/10.3390/diagnostics13182932>
35. Леванов ВМ, Мамонова ЕЮ, Орлов ОИ, Камаев ИА. Применение телемедицинских технологий в целях дистанционного обучения медицинского персонала здравпунктов крупной нефтегазодобывающей компании. *Медицинский альманах*. 2016;1:18–21.
Levanov VM, Mamonova EYu, Orlov OI, Kamaev IA. Application of telemedicine technologies for distance learning of medical personnel of health centers of a large oil and gas producing company. *Medical Almanac*. 2016;1:18–21 (In Russ.).
36. Бегиев ВГ, Андреев ВБ, Потапова КН, Москвина АН. Телемедицина в совершенствовании консультативной и диагностической помощи высокоспециализированных центров в условиях Крайнего Севера. *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2015;(1–3):6–8.
Begiev VG, Andreev VB, Potapova KN, Moskvina AN. Telemedicine in improving the advisory and diagnostic care of highly specialized centers in the Far North. *Modern Trends in the Development of Science and Technology*. 2015;(1–3):6–8 (In Russ.).
EDN: [TWMIBR](#)
37. Садыкова ЕВ, Юлдашев ЗМ. Система удаленного мониторинга состояния здоровья и оказания экстренной медицинской помощи пациентам с хроническими заболеваниями. *Биотехносфера*. 2017;1:2–7.
Sadykova EV, Yuldashev ZM. System for remote monitoring of health status and provision of emergency medical care to patients with chronic diseases. *Biotechnosphere*. 2017;1:2–7 (In Russ.).
EDN: [YMZDAZ](#)
38. Федяев ДВ, Федяева ВК, Омеляновский ВВ. Экономическое обоснование применения телемедицинских технологий для диспансеризации населения в отдаленных районах. *Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2014;7(3):30–5.
Fedyayev DV, Fedyayeva VK, Omelyanovsky VV. Economic justification for the use of telemedicine technologies for clinical examination of the population in remote areas. *Pharmacoeconomics. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2014;7(3):30–5 (In Russ.).
EDN: [TIQQCN](#)
39. Jia N, Chen C, Chen Q, Liu J, Shen Z, Liu Y, et al. Acute high-altitude illness: risk factors, susceptibility prediction, and personalized prevention and treatment. *Frontiers in Medicine*. 2026;12:1735083.
<https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1735083>
40. Beidleman BA, Fulco CS, Muza SR, Rock PB, Staab JE, Forte VA, et al. Effect of six days of staging on physiologic adjustments and acute mountain sickness during ascent to 4300 meters. *High Altitude Medicine & Biology*. 2009;10(3):253–60.
<https://doi.org/10.1089/ham.2009.1004>
41. Staab JE, Muza SR, Fulco CS, Andrew SP, Beidleman BA. Impact of 2 days of staging at 2500–4300 m on sleep quality and quantity following subsequent exposure to 4300 m. *Physiological Reports*. 2021;9(21):e15063.
<https://doi.org/10.14814/phy2.15063>
42. Baggish AL, Fulco CS, Muza S, Rock PB, Beidleman B, Cymerman A, et al. The impact of moderate-altitude staging on pulmonary arterial hemodynamics after ascent to high altitude. *High Altitude Medicine & Biology*. 2010;11(2):139–45.
<https://doi.org/10.1089/ham.2009.1073>
43. McIntosh SE, Hemphill M, McDevitt MC, Gurung TY, Ghale M, Knott JR, et al. Reduced acetazolamide dosing in countering altitude illness: a comparison of 62.5 vs 125 mg (the RADICAL Trial). *Wilderness & Environmental Medicine*. 2019; 30(1):12–21.
<https://doi.org/10.1016/j.wem.2018.09.002>
44. Lipman GS, Jurkiewicz C, Burnier A, Marvel J, Phillips C, Lowry C, et al. A randomized controlled trial of the lowest effective dose of acetazolamide for acute mountain sickness prevention. *The American Journal of Medicine*. 2020;133(12):e706–15.
<https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.05.003>
45. Nieto EVH, Molano FD, Medina R, et al. Interventions for preventing high altitude illness: Part 1. Commonly used classes of drugs. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017;6:CD009761;
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD009761.pub2>
46. Zheng CR, Chen GZ, Yu J, Qin J, Song P, Bian SZ, et al. Inhaled budesonide and oral dexamethasone prevent acute mountain sickness. *The American Journal of Medicine*. 2014;127(10):1001–9.e2.
<https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.04.012>
47. Chen GZ, Zheng CR, Qin J, Yu J, Wang H, Zhang JH, et al. Inhaled budesonide prevents acute mountain sickness in young Chinese men. *The Journal of Emergency Medicine*. 2015;48(2):197–206.
<https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2014.07.047>
48. Roach RC, Hackett PH, Oelz O, Bartsch P, Luks AM, MacInnis MJ, et al. The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. *High Altitude & Medicine Biology*. 2018;19(1):4–7.
<https://doi.org/10.1089/ham.2017.0164>
49. Grissom CK, Thomas F, James B. Medical helicopters in wilderness search and rescue operations. *Air Medical Journal*. 2006;25(1):18–25.
<https://doi.org/10.1016/j.amj.2005.10.002>
50. Tomazin I, Vegniti M, Ellerton J, Reisten O, Sumann G, Kersnik J. Factors impacting on the activation and approach times of helicopter emergency medical services in four Alpine countries. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation & Emergency Medicine*. 2012;20:56.
<https://doi.org/10.1186/1757-7241-20-56>
51. Карпов АБ, Скобельский АВ, Бадмаева ЭР, Шибалков ИП, Мазуров РГ, Антипов СА. Медицинская эвакуация персонала удалённых промышленных объектов. Проблемы и пути решения *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021;65(3):214–21.
Karpov AB, Skobelsky AV, Badmaeva ER, Shibalkov IP, Mazurov RG, Antipov SA. Medical evacuation of personnel at remote industrial facilities. Problems and solutions. *Healthcare of the Russian Federation*. 2021;65(3):214–21 (In Russ.).
<https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-3-214-221>

52. Hackett P, Shlim D. High elevation travel and altitude illness. In: *CDC Yellow Book: Health Information for International Travel*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention (US); 2024.
53. Rodway GW, Windsor JS, Hart ND. Supplemental oxygen and hyperbaric treatment at high altitude: cardiac and respiratory response. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 2007;78(6):613–7.
54. Kasic JF, Yaron M, Nickolas RA, Lickteig JA, Roach R. Treatment of acute mountain sickness: hyperbaric versus oxygen therapy. *Annals of Emergency Medicine*. 1991;20(10):1109–12.
[https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(05\)81385-x](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(05)81385-x)
55. Marcovic D, Kovacevic H. Recompression therapy of mountain sickness. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*. 2002;53(1):3–6.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD009567.pub2>
56. Simancas-Racines D, Arevalo-Rodriguez I, Osorio D, Franco JVA, Xu Y, Hidalgo R. Interventions for treating acute high altitude illness. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;6:CD009567.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD009567.pub2>
57. Ashyrbaev AA. Treatment of mountain sickness with a stationary hyperbaric chamber. *The Newsletter of the International Society of Mountain Medicine*. 1999;9(2):5–7.
58. Орлов ОИ, Мамонова ЕЮ, Романов МА, Калинина МЮ. Требования к медицинскому персоналу, осуществляющему медицинскую помощь на стационарных производственных объектах в районе арктического шельфа России. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2025;28(1):113–22.
Orlov OI, Mamonova EY, Romanov MA, Kalinina MY. Requirements for medical personnel providing medical care at onsite industrial facilities in the Russian Arctic continental shelf. *Extreme Medicine*. 2026; 28(1):113–22 (In Russ.).
<https://doi.org/10.47183/mes.2025-409>
59. Соколович ЕГ. Кадровый состав здравпунктов на удаленных промышленных объектах. Материалы V Международной конференции по удаленному здравоохранению. Томск; 2025.
Sokolovich EG. *Personnel of health centers at remote industrial sites*. Proceedings of the V International Conference on Remote Healthcare. Tomsk; 2025 (In Russ.).
60. Логунов КВ, Антипов СА, Лепетинский ИС. Промышленное здравоохранение в Российской Арктике — тенденции и опыт последних десятилетий. *Морская медицина*. 2022;8(3):118–26.
Logunov KV, Antipov SA, Lepetinsky IS. Industrial healthcare in the Russian Arctic — trends and experience of recent decades. *Marine Medicine*. 2022;8(3):118–26 (In Russ.).
61. Bygvraa DA, Adhikari TB, Charalambous G. Maritime doctors' skills and competencies: A review for policy analysis. *Maritime Technology and Research*. 2019;22(1):40–51.
<https://doi.org/10.33175/mtr.2020.206375>
62. Бадмаева ЭР, Антипов СА. Подготовка кадров для системы удаленного здравоохранения. Современные требования. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции «Наука и образование в современном обществе: актуальные вопросы и инновационные исследования». Пенза; 2021.
Badmaeva ER, Antipov SA. *Training personnel for the remote healthcare system. Current requirements*. Conference proceedings of the IV International scientific-practical conference “Science and education in modern society. current issues and innovative research”. Penza; 2021 (In Russ.). EDN: [GHHZIX](https://doi.org/10.1002/14651858.CD009567.pub2)
63. Мумбер АА. Корпоративные стандарты обучения медицинского персонала в группе компаний ЦКМ. Материалы V Международной конференции по удаленному здравоохранению. Томск; 2025.
Mumber AA. *Corporate standards of teaching medical personnel in the Group of companies Center of Corporate Medicine*. Proceedings of the V International conference on remote healthcare. Tomsk; 2025 (In Russ.).
64. Metrailler P, Greiser J, Dietrich G, Walter D, Richon J, Walliser M, et al. Swiss mountain guides: medical education, knowledge and practice. *High Altitude Medicine & Biology*. 2019;20(3):251–61.
<https://doi.org/10.1089/ham.2018.0124>
65. Berendsen RR, de Vries DCAA, Steger A, Herold N, Halbertsma FJ, Norbart AF, et al. Lack of Altitude Medicine Knowledge Among Mountaineers in the Italian Alps. *High Altitude Medicine & Biology*. 2025;26(4):361–73.
<https://doi.org/10.1089/ham.2025.0028>
66. Ashyrbaev AA. Basic life support of the workers of the gold mining company at the remote site in the Kyrgyz Republic. *Resuscitation*. 2023;192(1):S21.
67. Чинилов СС. Новації в програмному забезпеченні і комплексах, що дозволяють проводити медичні огляди і моніторити стан здоров'я працівників в ситуації повної або часткової автономії. Материалы V Международной конференции по удаленному здравоохранению. Томск; 2025.
Chinilov SS. *Innovations in software and systems enabling medical examinations and monitoring of workers' health in situations of full or partial autonomy*. Proceedings of the V International Conference on Remote Healthcare. Tomsk; 2025 (In Russ.).
68. Ашырбаев АА, Кадыров МС, Адашбаев НТ, Толбашиева ГУ. Подготовка медицинского персонала для работы на удаленных промышленных объектах в Кыргызской Республике. *Здравоохранение Кыргызстана*. 2022;4:185–8.
Ashyrbaev AA, Kadyrov MS, Adashbaev NT, Tolbashiieva GU. Training of medical personnel for work at remote industrial facilities in the Kyrgyz Republic. *Healthcare of Kyrgyzstan*. 2022;4:185–8 (In Russ.).
<https://doi.org/10.51350/zdravkg2022.4.10.26.185>

Вклад авторов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: А.А. Ашырбаев — разработка концепции статьи, сбор и анализ литературных данных, планирование исследования, создание рукописи; С.Р. Сирмбард — сбор и анализ литературных данных, редактирование рукописи.

Об авторах:

Ашырбаев Айбек Арсымович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9902-2346>
Сирмбард Светлана Рустамовна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1235-5371>



Научно-практический рецензируемый журнал
ФМБА России
extrememedicine.ru