

<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 хамстринг 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 хамстринг (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

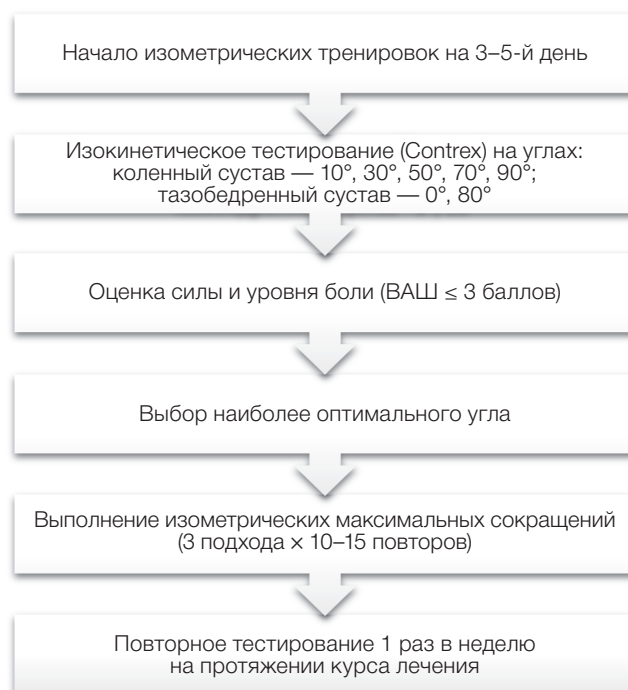


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

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

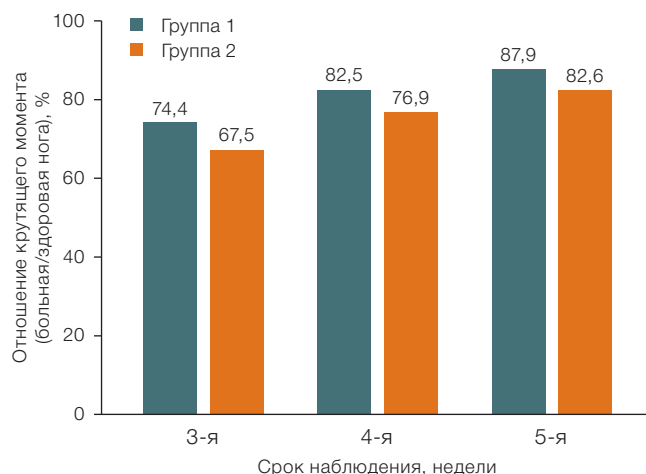


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

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>