

<https://doi.org/10.47183/mes.2025-424>

УДК 612.17:796.015.1



ВЛИЯНИЕ ЗАПЛЫВОВ В ЛЕДЯНОЙ ВОДЕ НА ПРОВОДЯЩУЮ СИСТЕМУ СЕРДЦА И ВЕГЕТАТИВНУЮ РЕГУЛЯЦИЮ У ПЛОВЦОВ ЗИМНЕГО ПЛАВАНИЯ

Т.И. Баранова^{1✉}, Ю.В. Украинцева², М.А. Карпова¹, Т.В. Рыбьякова³, А.Д. Ванькова¹, А.А. Толеген¹, М.С. Тарасова⁴, М.Г. Оганнисян⁴¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия² Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук, Москва, Россия³ Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия⁴ Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Введение. Зимнее плавание как вид спорта отличается от классического плавания и плавания в открытой воде экстремальной холодовой нагрузкой на организм. При заплывах в холодной воде с погружением лица в воду реализуется нырательная реакция, которая в условиях низких температур может сопровождаться формированием сердечных аритмий. Мы полагаем, что для допуска к занятиям холодным плаванием необходима разработка специальных критериев.

Цель. Изучение особенностей изменений состояния сердечно-сосудистой, нервной систем, вегетативной регуляции и метаболических показателей у пловцов зимнего плавания при температуре воды от +0,5 до +2,0 °C на различных дистанциях и 10-минутном заплыве на 450–550 м.

Материалы и методы. В условиях соревновательной деятельности и учебно-тренировочных сборов (при температуре воды от +0,5 до +1,5 °C, температуре воздуха от -15 до -18 °C) проведено обследование 24 спортсменов зимнего плавания: 9 женщин (23–55 лет; средний возраст 39,1 ± 2,7 года); 3 мужчин в возрасте 71 ± 3 года; 12 мужчин (35–60 лет; средний возраст 43,0 ± 1,8 года), имевших медицинский допуск к занятиям. Состояние испытуемых анализировали до и после заплывов на дистанциях 25 м кролем на спине, 25 и 200 м вольным стилем на груди и после 10-минутного заплыва на 400–450 м. Для оценки функционального состояния проведены: электрокардиография в 12 отведениях, измерение артериального давления, определение концентрации глюкозы в капиллярной крови, определение простой сенсомоторной реакции на световой раздражитель. Статистический анализ для выявления различий между показателями выполнен с использованием пакета программного обеспечения GraphPad Prism 8 для Windows 10.

Результаты. Установлено статистически значимое повышение среднегрупповых показателей уровня глюкозы в капиллярной крови после заплывов на 25 м ($p < 0,05$), 200 м ($p < 0,01$) и 400 м относительно исходного состояния; увеличение времени простой сенсомоторной реакции после 10-минутных заплывов: в исходном состоянии 263 ± 10 и 328 ± 21 м после заплыва ($p < 0,01$). По данным ЭКГ в исходном состоянии у 67% обследованных выявлено уширение зубца P > 0,11 мс. После заплывов на короткие дистанции 25 м длительность зубца P выходит за верхний предел нормы у 85% обследованных. По сравнению с заплывами на спине заплывы с погружением лица в воду сопровождались достоверно более выраженным уширением зубца P ($p < 0,05$), замедлением проведения через предсердия — PQ ($p < 0,01$), более выраженным увеличением QTc показателя ($p < 0,05$). Величина QTc прогрессирующе увеличивается в соответствии с длительностью заплывов. При 10-минутном заплыве у 50% обследованных QTc > 500 мс.

Выводы. Низкая температура воды — фактор, который даже у адаптированных к холоду спортсменов провоцирует стресс, сопровождающийся повышением глюкозы в крови. При заплывах с погружением лица в воду реализуется нырательный рефлекс, который в холодной воде может провоцировать сердечные аритмии. При заплывах на длинные дистанции происходит замедление проведения в нервной системе, что отражается в увеличении времени простой сенсомоторной реакции и замедлении проводимости миокарда, достигающего патологического значения. В связи с этим считаем, что для новичков, желающих заниматься холодным плаванием, во избежание риска патологического ответа сердечно-сосудистой системы необходима разработка и введение в практику допуска дополнительного критерия — оценки реакции сердечно-сосудистой системы на водно-холодовую иммерсию.

Ключевые слова: холодное плавание; нервная система; сердечно-сосудистая система; автономная регуляция; сердечные аритмии; внутрисердечное проведение; гипертензивный ответ; сенсомоторная реакция; водно-холодовая иммерсия

Для цитирования: Баранова Т.И., Украинцева Ю.В., Карпова М.А., Рыбьякова Т.В., Ванькова А.Д., Толеген А.А., Тарасова М.С., Оганнисян М.Г. Влияние заплывов в ледяной воде на проводящую систему сердца и вегетативную регуляцию у пловцов зимнего плавания. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(2):215–225. <https://doi.org/10.47183/mes.2025-424>

Финансирование: исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» по теме «Адаптация организма человека к экстремальным факторам среды» № 46195617.

Соответствие принципам этики: исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено Этическим комитетом Санкт-Петербургского государственного университета (протокол № 40 от 07.03.2012). Все испытуемые предварительно были ознакомлены с протоколом обследования, подписали согласие об участии в нем и дали разрешение на публикацию обезличенных данных.

Благодарности: президенту Всероссийской федерации зимнего плавания Замыслову Андрею Вадимовичу и президенту Федерации зимнего плавания в г. Москве, ответственному секретарю Всероссийской федерации зимнего плавания Петровой Елене Евгеньевне за предоставленную возможность проведения исследования в рамках соревнований и сборов, а также за искреннюю заинтересованность в получении объективных результатов.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Баранова Татьяна Ивановна baranovati@gmail.com

Статья поступила: 02.11.2025 **После доработки:** 18.12.2025 **Принята к публикации:** 24.12.2025 **Online first:** 17.02.2026

© Т.И. Баранова, Ю.В. Украинцева, М.А. Карпова, Т.В. Рыбьякова, А.Д. Ванькова, А.А. Толеген, М.С. Тарасова, М.Г. Оганнисян, 2026

IMPACT OF ICE-WATER SWIMS ON CARDIAC CONDUCTION AND AUTONOMIC REGULATION IN WINTER SWIMMERS

Tatiana I. Baranova¹, Yulia V. Ukraintseva², Maria A. Karpova¹, Tatiana V. Rybyakova³, Anna D. Vankova¹, Aizhan A. Tolegen¹, Maria S. Tarasova⁴, Mkrtych G. Ogannisyana⁴

¹ Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russia

⁴ National Center for Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

Introduction. As a kind of sport, winter swimming differs from pool- or open-water swimming due to the extreme cold stress it places on the body. Swims in cold water with facial immersion trigger a diving reflex, which may be accompanied by the development of cardiac arrhythmias under low-temperature conditions. We believe that specific criteria should be developed for permitting individuals to engage in cold-water swimming.

Objective. Study of the characteristics of changes in the state of the cardiovascular and nervous systems, autonomic regulation, and metabolic parameters in winter swimmers at water temperatures from +0.5 °C to +2.0 °C both over various standard distances and during a 10-min swim of 450–550 m.

Materials and methods. Under competitive conditions and during training camps (at water temperatures from +0.5 °C to +1.5 °C and air temperatures from –15 °C to –18 °C), 24 winter swimmers were examined. These were 9 women aged 23–55 (mean age 39.1 ± 2.7 years); 3 men aged 71 ± 3 years; and 12 men aged 35–60 (mean age 43 ± 1.8 years), all of whom had received medical clearance for participation. The participants' condition was analyzed before and after swims at distances of 25 m backstroke, 25 m and 200 m front crawl (freestyle), as well as after a 10-min swim of 400–450 m. The functional state of the body was assessed using 12-lead electrocardiography, blood pressure measurement, determination of capillary blood glucose concentration, and assessment of simple sensorimotor reaction to a light stimulus. Statistical analysis to identify differences between parameters was performed using the GraphPad Prism 8 software package for Windows 10.

Results. A statistically significant increase in the mean capillary blood glucose levels was observed after swims of 25 m ($p < 0.05$), 200 m ($p < 0.01$), and 400 m compared to the baseline. An increase in the simple sensorimotor reaction time after 10-min swims was noted; thus, the baseline of 263 ± 10 ms vs. 328 ± 21 ms after the swim ($p < 0.01$). According to ECG data, at baseline, 67% of the examined individuals showed a widened P wave > 0.11 ms. After short-distance swims of 25 m, P wave duration exceeded the upper limit of normal in 85% of the examined. Compared to backstroke swims, swims with facial immersion in water were accompanied by a significantly more pronounced widening of the P wave ($p < 0.05$), slowing of atrial conduction PQ ($p < 0.01$), and a more pronounced increase in the QTc interval ($p < 0.05$). The QTc value progressively increased in accordance with the duration of the swims. During a 10-min swim, 50% of the examined individuals showed a QTc > 500 ms.

Conclusions. Low water temperature is a factor that, even in cold-adapted athletes, provokes stress accompanied by an increase in blood glucose. During swims in cold water with facial immersion, the activated diving reflex triggers cardiac arrhythmias. During long-distance swims, conduction in the nervous system slows down, manifested in an increased simple sensorimotor reaction time and slowed myocardial conduction, reaching pathological values. In this regard, we believe that an additional criterion for medical clearance — assessment of the response of the cardiovascular system to cold-water immersion — should be developed and implemented for beginners wishing to engage in cold-water swimming, in order to avoid the risk of a pathological cardiovascular reaction.

Keywords: cold-water swimming; nervous system; cardiovascular system; autonomic regulation; cardiac arrhythmias; intracardiac conduction; hypertensive response; sensorimotor reaction; cold-water immersion

For citation: Baranova T.I., Ukraintseva Yu.V., Karpova M.A., Rybyakova T.V., Vankova A.D., Tolegen A.A., Tarasova M.S., Ogannisyana M.G. Impact of ice-water swims on cardiac conduction and autonomic regulation in winter swimmers. *Extreme Medicine*. 2026;28(2):215–225. <https://doi.org/10.47183/mes.2025-424>

Funding: the research was conducted within the framework of the scientific research work of the Saint Petersburg State University on the topic “Human Adaptation to Extreme Environmental Factors” No. 46195617.

Compliance with ethical principles: the study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of St. Petersburg State University (minutes No. 40 dated 07.03.2012). All participants were previously informed about the examination protocol, signed a consent form for participation, and provided their permission for the publication of anonymized data.

Acknowledgements: the authors express their gratitude to Andrey V. Zamyslov, the President of the All-Russian Winter Swimming Federation, and Elena E. Petrova, the President of the Moscow Winter Swimming Federation and the Executive Secretary of the All-Russian Winter Swimming Federation, for providing the opportunity to conduct the research during competitions and training camps, as well as for their genuine interest in obtaining objective results.

Potential conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

✉ Tatiana I. Baranova baranovati@gmail.com

Received: 2 Nov. 2025 **Revised:** 18 Dec. 2025 **Accepted:** 24 Dec. 2025 **Online first:** 17 Feb. 2026

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время холодное плавание получило популярность во всем мире. В Российской Федерации в 2022 г. зимнее плавание было включено во Всероссийский реестр видов спорта¹. Несмотря на достаточно развитую систему любительского зимнего плавания, систематических научных исследований

в области подготовки пловцов-спортсменов зимнего плавания нет. В связи с этим необходимо проведение квалифицированной научно-исследовательской работы, в процессе которой должны быть решены многие задачи. Среди важнейших из них — категоризация соревновательных дистанций и определение порядка их расположения во время соревнований. Используемая в Российской Федерации классификация категорий

¹ Приказ Министерства спорта Российской Федерации № 333 «О признании и включении во Всероссийский реестр видов спорта спортивных дисциплин, вида спорта и внесении изменений во Всероссийский реестр видов спорта» от 12.04.2022.

первенств по зимнему плаванию базируется на категориях, предлагаемых IWSA² (International Winter Swimming Association — Международная ассоциация зимнего плавания), где категория «А» («Ice water») с температурой воды от 0 до +2 °С предназначена для дистанций (в метрах) 25/50/100/200; категория «В» («Freezing water») с температурой воды от +2,1 до +5 °С — для дистанций (в метрах) 25/50/100/200/400; категория «С» («Cold water») с температурой воды от +5,1 до +9 °С — для дистанций (в метрах) 25/50/100/200/400/500/1000.

При заплывах в холодной воде в условиях соревнований на организм спортсмена действуют несколько экстремальных факторов. Во-первых, соревновательный стресс, который сопровождается активацией симпатoadренальной системы [1], мобилизующей функциональные резервы организма. Во-вторых, холодное воздействие воды, вызывающее реализацию комплекса защитных компенсаторных реакций от переохлаждения: рефлекторную констрикцию периферических сосудов, перераспределение крови к внутренним органам (к «ядру»), активацию реакций, направленных на выработку тепла (дрожательный и недрожательный термогенез). В-третьих, при погружении в холодную воду с головой реализуется комплекс сердечно-сосудистых реакций, так называемый diving reflex. При этом под воздействием адренергических влияний происходит резкое сужение периферических сосудов; одновременно увеличивается холинергическое влияние на миокард и рефлекторно замедляется сердечный ритм, а при воздействии на дыхательные пути происходит рефлекторное апноэ и сужение бронхий, но расширяются сосуды бассейна легочных артерий, мозга и сердца и происходит перераспределение к ним крови [1, 2].

Одновременная активация парасимпатических (diving reflex — нырательный рефлекс) и симпатических (холодовой стресс, условия соревнований) влияний на сердце может приводить к так называемому вегетативному конфликту, что при водной иммерсии низких температур может приводить к формированию аритмий, в том числе фатального характера [3]. Следует также отметить, что под влиянием физической и холодной нагрузок происходит увеличение окислительных процессов с образованием АТФ и выделением тепла, которое используется для поддержания температуры тела. Все это увеличивает нагрузку на газотранспортные системы организма, и прежде всего на сердечно-сосудистую систему. Вместе с тем понижение температуры тела в агрессивной холодной среде на доли градусов может привести к нарушению работы нервной системы и замедлению внутрисердечного проведения, а мощный периферический вазоспазм — к повышению артериального давления.

Цель работы — изучение особенностей изменений состояния сердечно-сосудистой, нервной систем, вегетативной регуляции и метаболических показателей у пловцов зимнего плавания при температуре воды от +0,5 до +2,0 °С на различные дистанции и 10-минутном заплыве на 450–550 м.

Задачи исследования:

1. Оценить проводимость миокарда (длительность зубцов P, PQ, QRS, QT, QTc, ось сердца) у адаптированных пловцов зимнего плавания в состоянии покоя

и ее изменение под влиянием заплывов разной длительности (25 м кролем на спине, 25 м кролем на груди, 200 м вольным стилем, заплыв на 400–450 м в течение 10 мин) при температуре воды от +0,5 до +1,5 °С.

2. Исследовать влияние нырательного рефлекса на проводимость миокарда при заплывах в холодной воде посредством сравнения заплывов на спине и кролем на груди на дистанциях 25 м.

3. Изучить изменение системной гемодинамики (систолическое и диастолическое артериальное давление, частота сердечных сокращений) при кратковременных и длительных холодных нагрузках.

4. Оценить изменения уровня глюкозы капиллярной крови и времени простой сенсомоторной реакции как интегральных показателей стресс-реализующей и нервно-мышечной реакции на водно-холодовую иммерсию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследование выполнено в условиях соревновательной деятельности и учебно-тренировочных сборов, проводившихся в г. Переславле-Залесском 12–14 января 2024 г. (Кубок Дружбы) и в г. Москве 23–24 февраля 2024 г. (Кубок Дружбы). Все испытуемые считались условно здоровыми и имели медицинский допуск к соревнованиям, были адаптированы к холодному плаванию, имели стаж занятий зимним плаванием не менее двух лет, выполнили необходимую холодную нагрузку в тренировочном процессе.

К заплывам на определенные дистанции спортсмены допускались согласно критериям IISA (International Ice Swimming Association) при наличии подтверждения о заплывах на соответствующую дистанцию в категории «А» в тренировочном процессе. Оценивали динамику функционального состояния организма пловцов после заплывов на дистанциях 25 м кролем на спине, 25 м кролем на груди и 200 м вольным стилем. Кроме того, вне соревнований проводился 10-минутный заплыв на дистанции 400 м, соответствующий требованиям IISA, но не предусмотренный правилами по виду спорта «зимнее плавание» в Российской Федерации. О необходимости введения этой дистанции в настоящее время ведутся дискуссии, что и побудило нас к проведению этого исследования.

Обследованы 24 человека: 9 женщин (23–55 лет, средний возраст $39,1 \pm 2,7$ года); 3 мужчин в возрасте 71 ± 3 года; 12 мужчин (35–60 лет, средний возраст $43,0 \pm 1,8$ года). Заплывы проводили в первой половине дня. Температура воды составляла от +0,5 до +1,5 °С, температура воздуха — от -15 до -18 °С. В соответствии с правилами Международных ассоциаций зимнего плавания (IWSA и IISA) участники плыли без гидрокостюмов. Для заплыва на короткие дистанции случайным образом были отобраны спортсмены (мужчины и женщины в возрасте 23–39 лет), имевшие допуск к заплывам и стаж занятий холодным плаванием не менее двух лет. В группу для заплыва на 350–450 м (10-минутный заплыв) было отобрано 10 человек: 9 мужчин и одна женщина в возрасте 35–55 лет (средний возраст $43,0 \pm 2,3$ года). Все они имели допуск к заплывам на длинные дистанции по правилам

² The International Winter Swimming Association. General rules. <https://iwsa.me/winter-swimming-world-championship/rules/>

IISA и Правилам по виду спорта «зимнее плавание», утвержденным Минспортом России³. Обследованы фактически все спортсмены, участвовавшие в сборах и соревнованиях, имевшие допуск к заплыву на дистанции 400 м (10-минутный заплыв). Эти же пловцы вошли в группы для исследования после заплывов на дистанции 25 и 200 м. Согласно анализу протоколов время заплывов на 25 м составляло 12,4–32,0 с; контрольное время при заплывах на 200 м для мужчин — 5 мин, для женщин — 5 мин 30 с.

В группы не включали начинающих спортсменов первого сезона, чтобы исключить недостаточно адаптированных лиц, испытывающих при заплывах в данной категории «А» сильный холодовой стресс. Группы формировали таким образом, чтобы в процентном соотношении по возрасту они соответствовали составу занимающихся холодовым плаванием во Всероссийской федерации зимнего плавания.

Исходную оценку функционального состояния организма проводили с 8 до 9 часов утра до приема пищи. Для этого применяли доступные в условиях соревнований методы исследований: электрокардиографию (ЭКГ) в 12 отведениях (длительность записи 10 с, скорость записи 50 мм/с) с помощью кардионализатора «Поли-спектр-8/Е» и электрокардиографа «Нейрософт» (Россия). При этом оценивали наличие аритмий, проводимость миокарда: длительность проведения интервалов кардиоцикла (в мс) — R-R, P, PQ, QRS, QT; по формуле Базетта определяли QTc-показатель; определяли электрическую ось сердца (в градусах); для выяснения рисков гипертензивного ответа измеряли уровни артериального давления (АД в мм рт. ст.) (тонометр A&D Medical UA-787, Япония); риск гипергликемического ответа на заплывы в холодной воде оценивали по уровню глюкозы в капиллярной крови (ммоль/л) с использованием One Touch Select Plus (LifeScan Europe GmbH, Китай).

Влияние водно-холодовой иммерсии на функциональное состояние нервной системы и скорость нервно-мышечного проведения оценивали по времени простой сенсомоторной реакции (ПСМР в мс) на световой раздражитель (регистрировали 12 ответов) с помощью УПФТ-1/30 «Психофизиолог» («Медиком-МТД», Россия).

Измеряли антропометрические показатели пловцов: рост (в см) ростометром медицинским подвесным настенным (рулетка) (KaWe, Германия), массу тела (в кг) с использованием весов медицинских портативных (ВМЭН-150-50/100-Д2-А), рассчитывали индекс массы тела (по формуле Кетле: ИМТ = вес (кг) / рост (м)²⁴). Повторно функциональные показатели фиксировали перед заплывом (за 15 мин) и сразу после заплыва в процессе восстановления. При этом ЭКГ после заплывов регистрировали на 5–7 мин восстановления. В это же время отмечали уровни артериального давления (АД). Уровень глюкозы в капиллярной крови определяли на 7–10 мин после заплыва; после заплыва на 10–12 мин проводили оценку простой сенсомоторной реакции на световой раздражитель.

При анализе данных сопоставляли показатели «до – после» заплывов на всех дистанциях, а также

сравнивали параметры после всех заплывов между собой. Для статистического анализа данных использовали пакет GraphPad Prism 8 для Windows 10. Значимость различий для не связанных между собой переменных парных рядов оценивали с применением непараметрического критерия Манна – Уитни и Краскела – Уоллиса, для связанных («до – после» заплыва) парных рядов использовали *T*-критерий Вилкоксона. В выборках с нормальным распределением рассчитывали среднее и ошибку среднего ($M \pm m$) в целом по группам. Для оценки значимости различий использовали *t*-критерий Стьюдента и one-way ANOVA. Статистически значимым считали уровень *p*-values < 0,05. Помимо этого, для показателей ПСМР и показателей ЭКГ определяли статистическую значимость изменений индивидуально для каждого испытуемого «до – после» заплыва. Для оценки статистической значимости индивидуальных изменений показателей использовали непараметрический *T*-критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Антропометрические показатели спортсменов-любителей, адаптированных к холодовому плаванию

Средний рост женщин составлял $167,1 \pm 1,9$ (155–175) см; вес — $64,4 \pm 2,1$ (53–72) кг; индекс массы тела (ИМТ) — $22,7 \pm 2,4$ (20,4–25,2) кг/м². Средний рост мужчин основной группы — $178,8 \pm 4,1$ (169–190) см; вес — $80,9$ (63–107) кг; ИМТ — $25,3 \pm 4,5$ (20,1–34,3) кг/м². Рост мужчин старшего возраста составлял 189, 181, 182 см; вес — 103, 84, 89 кг соответственно; ИМТ — 31,1, 23,5, 24,4 кг/м². Индекс массы тела у пловцов не превышал показателей нормы и составил в среднем по группе $22,7 \pm 2,4$ (20,4–25,1) кг/м², у одной женщины выявлена недостаточность массы тела (ИМТ = 17,9 кг/м²). Среди мужчин-пловцов зимнего плавания выявлено три человека с избыточной массой тела и с индексом массы тела 25,5–29,8 кг/м², два человека были с массой тела, соответствующей ожирению 1-й степени (ИМТ = 31,2 и 34,5 кг/м²).

Следует отметить, что все мужчины с избыточным весом адаптированы к заплывам на длинные дистанции 400 м и длительному нахождению в ледяной воде. Остальные пять спортсменов-пловцов, входившие в группу 10-минутного заплыва (350–450 м), имели индекс массы тела, близкий к верхней границе нормы WHO⁵.

Изменение проводимости миокарда под влиянием заплывов различной длительности в открытой холодной воде

Анализ фоновой ЭКГ, зарегистрированной в состоянии покоя у адаптированных к холодовому плаванию спортсменов, выявил у 16 из 24 замедление проведения через предсердия (длительность зубца Р превышала норму, >110–138 мс), у 4 спортсменов наблюдали замедление распространения возбуждения

³ Приказ Минспорта России № 1026 «Об утверждении правил вида спорта «зимнее плавание» от 16.10.2024.

⁴ Nuttall FQ. Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review. *Nutrition Today*. 2015;50(3):117–28. <https://doi.org/10.1097/nt.000000000000092>

⁵ World Health Organization (WHO). Body mass index (BMI). URL: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index> (дата обращения: 07.10.2025).

по желудочкам (QRS 102–116 мс), у 6 человек QTс выходил за пределы нормы (452–466 мс) (табл. 1).

Заплывы на дистанциях проводились способами плавания: кролем на спине без погружения лица в воду и вольным стилем — кролем на груди с погружением лица в воду. Более выраженные изменения проводимости миокарда выявлены при заплывах на 25 м вольным стилем с погружением лица в воду. При этом в среднем по группе происходило статистически значимое замедление скорости проведения импульса по предсердиям (увеличение длительности зубца P), а также от синусового узла до желудочков (увеличение PQ-интервала) (табл. 1). У 3 человек после заплыва длительность зубца P значительно превышала норму (>120 мс). Интервал PQ значительно выходил за пределы нормы у двух человек (>210 мс). В целом по группе наблюдали увеличение длительности распространения возбуждения по желудочкам в виде статистически значимого удлинения QRS-интервала ($p < 0,05$), у семи из 17 человек этот показатель значительно выходил за пределы нормы и превышал 100 мс. Отмечено также достоверное ($p < 0,001$) увеличение скорректированного интервала QTс у 8 из 17 пловцов на уровне 485 мс и более, что значительно превышало нормальные значения.

Наиболее выраженные изменения проводимости возбуждения в миокарде выявлены после длительных заплывов на 200 и 400–450 м в течение 10 мин. Так, статистически значимо после 10-минутного заплыва уменьшалась длительность R–R-интервалов

практически у всех спортсменов. На этом фоне зарегистрировано статистически значимое уменьшение PQ-интервала. Длительность реполяризации миокарда оставалась в пределах нормы, но его скорректированная по частоте величина QTс значительно выходила за ее пределы у 8 из 10 пловцов (табл. 1).

Таким образом, наиболее значимые изменения проводимости биоэлектрического сигнала в миокарде были отмечены у пловцов при длительных 10-минутных заплывах ($p < 0,01$). После заплывов на короткие дистанции наблюдали замедление проводимости от синусового до атриовентрикулярного узла (увеличение PQ относительно исходного состояния $p < 0,001$ (табл. 1), а при длительных заплывах, напротив, — ускорение проведения (уменьшение PQ относительно исходного состояния $p < 0,01$ (табл. 1). Корректированный QTс-интервал увеличивался пропорционально длительности заплывов. Достоверность увеличения этого показателя после 10-минутных заплывов по сравнению с заплывами на 25 м составляла $p < 0,01$ относительно исходного состояния $p < 0,001$.

Изменение уровней артериального давления под влиянием заплывов в открытой холодной воде различной длительности

В исходном состоянии покоя показатели уровня систолического АД превышали оптимальный уровень (140 мм рт. ст.) у трех человек, а диастолического АД

Таблица 1. Динамика показателей проводимости миокарда при заплывах в холодной воде ($t = +0,5^\circ$) различной длительности

Показатели электрокардиограммы							
ЧСС, уд/мин	RR ср, мс	P, мс	PQ, мс	QRS, мс	QT, мс	QT, с	Ось QRS, градусы
Исходное состояние, $n = 24$							
75,5 ± 2,4 (57–97)	810 ± 37 (620–1090)	112 ± 3 (90–138)	154 ± 3 (138–201)	93 ± 3 (108–116)	382 ± 7 (354–451)	425 ± 5 (395–466)	49 ± 9 (-24–95)
Заплыв на 25 м кролем на спине (диапазон длительности заплывов 17–32 с), $n = 13$							
68,4 ± 3,9 (55–95)	906 ± 60 (718–1100)	115 ± 7 (80–148)	160 ± 5 (140–187)	98 ± 4 (84–112)	409 ± 13 (398–473)	434 ± 10 (409–455)	41 ± 14 (-32–96)
Заплыв на 25 м кролем на груди (диапазон длительности заплывов 15–31 с), $n = 17$							
79,5 ± 3,7 (54–103) [#]	761 ± 35 (584–1106) [#]	139 ± 15 (102–210) ^{3*#}	170 ± 10 (126–234) [*]	100 ± 4 (74–116) [*]	410 ± 13 (374–392)	471 ± 15 (432–529) ^{2**}	39 ± 18 (-42–88)
Заплыв на 200 м вольным стилем (диапазон длительности заплывов 2 мин 52 с — 5 мин 3 с), $n = 10$							
92,4 ± 5,3 (59–105) [*]	670 ± 45 (569–1010) [*]	113 ± 3 (76–142)	160 ± 17 (140–182)	102 ± 6 (78–142) ^{**}	382 ± 11 (344–432)	470 ± 8 (429–501) [*]	45 ± 10 (15–95)
Заплыв, 10 мин (350–550 м), вольным стилем, $n = 10$							
95,9 ± 6,4 (85–114) ^{2*}	645 ± 46 (528–703) ^{2*}	115 ± 6 (80–152) ^{2*}	129 ± 10 (86–162) ^{2*2*2*}	109 ± 7 (83–137) ^{2*}	358 ± 17 (186–392) ^{3*4*}	532 ± 19 (403–797) ^{3*3*2*}	71 ± 9 (36–90) ^{2*}

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание: * $p < 0,05$; ^{2*} $p < 0,01$; ^{3*} $p < 0,001$ — значимость различий между «исходное состояние — после заплыва»; ^{4*} $p < 0,05$; ^{2*} $p < 0,01$; ^{3*} $p < 0,001$ — сравнение «после заплывов 10 мин (350–450 м) вольным стилем — 25 м кролем на спине»; ^{2*} $p < 0,05$; ^{2*} $p < 0,01$ — сравнение «после заплывов 10 мин (350–450 м) вольным стилем — 25 м кролем на груди»; [#] $p < 0,05$ — сравнение «после заплывов 25 м кролем на спине — 25 м кролем на груди»; данные указаны в виде среднего значения и стандартной ошибки среднего $M \pm m$, в скобках — диапазоны минимальных и максимальных значений.

(выше 90 мм рт. ст.) — у двух человек. После 25 м заплыва кролем на груди средние по группе показатели уровня систолического давления значительно повысились (до заплыва $131,2 \pm 2,6$ мм рт. ст., после заплыва — $143,3 \pm 4,1$ мм рт. ст. ($p < 0,05$)) (рис. 1). В пределах нормы они сохранились только у 18% спортсменов. После 25 м заплыва на спине уровни систолического и диастолического давления также повысились, но их значения варьировали в пределах нормы у 50% участников. Уровень систолического давления после заплыва на 25 м кролем на груди в целом по группе достоверно повысился (до заплыва — $131,2 \pm 2,6$ мм рт. ст.; после — $147,9 \pm 2,5$ мм рт. ст.; $p < 0,001$), статистически значимого изменения диастолического давления после заплывов на короткие дистанции (25 м) не выявлено (рис. 2). После длительных заплывов на 200 и 400–450 м средние показатели артериального

давления повышались значительно больше, чем после коротких дистанций, но при этом у трех из 10 пловцов оставались в пределах нормы уровни систолического и диастолического давления. У двух спортсменов уровни систолического и у одного диастолического давления значительно выходили за пределы нормы (показатели систолического превышали 190 мм рт. ст., а диастолического — 102 мм рт. ст.) (рис. 1).

Изменение уровней глюкозы в капиллярной крови под влиянием заплывов в открытой холодной воде различной длительности

У всех обследованных спортсменов уровни глюкозы до приема пищи не превышали нормальных величин (4,3–6,1 ммоль/л). Показатели уровней глюкозы перед заплывами у некоторых спортсменов незначительно превышали норму. После заплывов на дистанции 25 м вольным стилем на груди у 85% спортсменов уровни глюкозы повышались (в среднем по группе до заплыва $5,7 \pm 0,1$, после — $6,9 \pm 0,1$ ммоль/л; $p < 0,05$); при заплывах на 25 м на спине отмечены повышения уровней глюкозы у 70% испытуемых (в среднем по группе до заплыва $5,9 \pm 0,2$, после — $6,9 \pm 0,2$ ммоль/л; $p < 0,05$). После заплывов на 200 и 350–450 м (10-минутный заплыв) уровни глюкозы повышались у 9 из 10 обследованных. В среднем по группе до заплыва уровень глюкозы составлял $6,2 \pm 0,2$, после — $8,2 \pm 0,25$ ммоль/л; $p < 0,01$ (рис. 3).

Изменение времени сенсомоторной реакции под влиянием заплывов в открытой холодной воде различной длительности

После заплывов на короткие дистанции (25 м) на спине и кролем на груди время простой сенсомоторной реакции на световой раздражитель по среднегрупповому значению изменялось незначительно. По индивидуальным показателям у некоторых пловцов он незначительно увеличивался, у других (3 спортсмена), напротив, уменьшался (табл. 2).

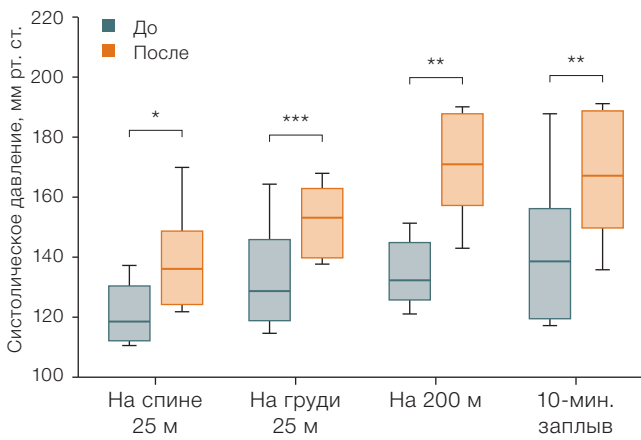


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 1. Показатели уровня систолического артериального давления до и после заплывов на различных дистанциях

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ — статистическая значимость различий между исходными показателями и после заплывов.

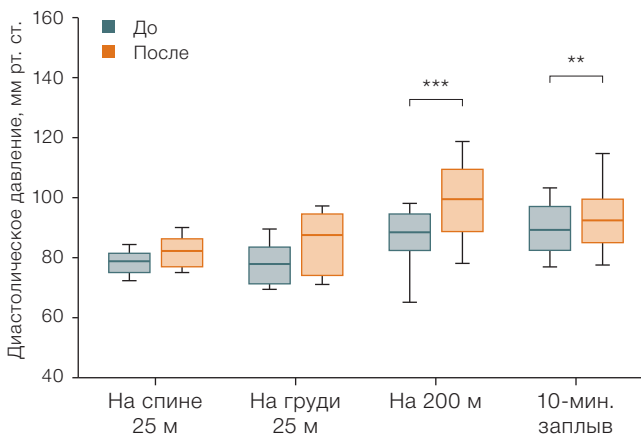


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Показатели уровня диастолического артериального давления (мм рт. ст.) до и после заплывов на различных дистанциях

Примечание: ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ — значимость различий между исходными показателями и после заплывов.

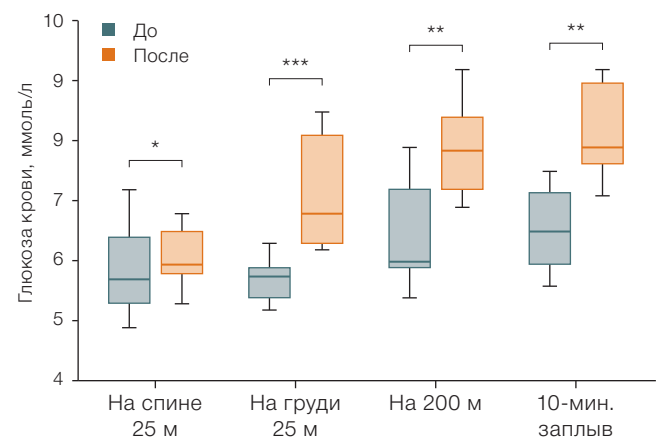


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 3. Показатели глюкозы в капиллярной крови до и после заплывов на различных дистанциях

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ — значимость различий между исходным состоянием и после заплывов.

После 200 м заплыва у 6 из 11 обследованных этот показатель увеличивался статистически значимо, у остальных изменялся незначительно. После 10-минутного заплыва увеличение времени реакции статистически значимо наблюдали у 9 из 10 испытуемых (в среднем по группе до заплыва — $263 \pm 10,1$ мс, после заплыва — $328 \pm 21,3$ мс; $p < 0,01$) (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ антропометрических показателей адаптированных к холодному плаванию спортсменов-любителей по среднегрупповому показателю не превышал показателей нормы. В то же время у пловцов, адаптированных к заплывам на длинные дистанции (10-минутный заплыв на 350–400 м), индекс массы тела находился либо на верхней границе нормы, либо даже превышал ее, отмеченные сдвиги представлены в работах других авторов [3].

Показатель ИМТ является косвенным критерием наличия жировой ткани в организме, но он признан на международном уровне в качестве маркера ожирения и тучности⁶ [4, 5]. При этом у атлетически развитых людей ИМТ может быть связан не с объемом жировой ткани, а с развитой мышечной тканью. Традиционно у пловцов холодного плавания повышенный уровень жира в организме связывают с защитой от гипотермии «ядра» [6–9].

Кроме того, охлаждение организма большего размера с большей массой тела происходит медленнее [10]. Однако в современных работах показано, что ИМТ у спортсменов холодного плавания статистически значимо не отличается от этого показателя у пловцов классического плавания в бассейне с водой обычной температуры [11].

Полученные нами данные согласуются со сложившимися в настоящее время представлениями. Пловцы, принимавшие участие в заплывах в экстремальных условиях ледяной воды на короткие дистанции, могут иметь невысокий показатель ИМТ, находящийся даже у нижней границы нормы, но заплывы на длинные дистанции способны выдержать только спортсмены с достаточно высоким ИМТ.

Анализ уровня глюкозы в крови утром натощак не выявил среди спортсменов холодного плавания лиц с гипергликемией, но после заплывов по среднегрупповым показателям концентрация глюкозы в капиллярной крови статистически значимо повышалась.

Таблица 2. Время простой сенсомоторной реакции, мс

Заплыв 25 м кролем на спине, $n = 13$		Заплыв 25 м вольным стилем, $n = 24$		Заплыв 200 м вольным стилем, $n = 11$		Заплыв 10 мин, 350–400 м вольным стилем, $n = 10$	
До заплыва	После заплыва	До заплыва	После заплыва	До заплыва	После заплыва	До заплыва	После заплыва
$257,0 \pm 6,4$	$250,0 \pm 7,3$	$251,0 \pm 6,8$	$247,0 \pm 6,2$	$245,0 \pm 6,4$	$256,0 \pm 10,3$	$263,0 \pm 10,1$	$328,0 \pm 21,3^{**}$

Таблица составлена авторами по собственным данным

Примечание: $** p < 0,01$ — уровень статистической значимости различий между исходным состоянием и после заплывов; данные представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки среднего $M \pm m$.

⁶ Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. The American college of sports medicine's guidelines for exercise testing and prescription. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 2010. URL: <https://acsm.org/education-resources/books/guidelines-exercise-testing-prescription/> (дата обращения: 07.10.2025).

При заплывах на короткие дистанции показатель был повышен у 80% пловцов, а после длинных дистанций повышение глюкозы наблюдали у 90% обследованных. Значительного снижения уровня глюкозы у пловцов после заплывов не отмечено.

Повышение уровня глюкозы в крови при заплывах в условиях соревнований в экстремально холодной воде может быть стресс-индуцировано [13–15]. Стресс считается адаптивной реакцией организма на сильный возмущающий стимул окружающей среды [15]. Повышение активности симпатoadреналовой системы в ответ на комплекс стрессорных факторов не только увеличивает объем субстрата для окисления в виде глюкозы, но также стимулирует активность недрожательного термогенеза — механизма ускоренного теплообразования за счет возрастания метаболической активности в бурой (или бежевой у человека) жировой ткани. Происходит это посредством активации симпатoadреналовой системой β_2 -адренорецепторов (β_2AR) бурых адипоцитов, повышения уровня цАМФ с последующей экспрессией митохондриального мембранного белка термогенина (разобщающего белка 1 — UCP1). Термогенин (UCP1) позволяет рассеивать энергию в виде тепла вместо выработки АТФ [16]. Как показали исследования, адаптация к плаванию в воде низких температур (от 0 до +2 °С) приводит к снижению уровня адренокортикотропного гормона (АКТГ) и кортизола в крови, но катехоламины при этом остаются на высоком уровне [17]. В настоящее время имеются данные о том, что, помимо окисления жирных кислот, во время активации термогенеза в бурых адипоцитах происходит также повышение использования глюкозы [18–20]. Но все же, как убедительно доказывают исследования последних лет [21], основным субстратом окисления при дрожательном и недрожательном термогенезе являются липиды (их доля в теплопроизводстве составляет 50%), 30% приходится на мышечный гликоген, 10% обеспечивается белками и только 10% — глюкозой плазмы. Возможно, с этим связано сохранение повышенного содержания глюкозы крови после заплывов на 200 и 400–450 м (10-минутный заплыв).

Время простой сенсомоторной реакции (ПСМР) было использовано для оценки сочетанного влияния соревновательного стресса, холодного фактора и физической нагрузки на функциональное состояние нервно-мышечной системы. Согласно полученным результатам, при заплывах на 25 м (время заплывов 15–30 с) в целом по группе статистически значимых

изменений не обнаружено. Главным фактором, влияющим на нервную систему при заплывах на короткие дистанции, является стрессовое воздействие (соперновательный и холодовой стресс). Это подтверждается повышением уровней глюкозы в капиллярной крови. Умеренная активация стресс-реализующей симпатoadrenalовой системы может как ускорять, так и замедлять скорость процессов в ЦНС в зависимости от стрессоустойчивости организма [22]. После заплыва на 200 м (время заплывов от 2 мин 51 с до 5 мин 2 с) у половины обследованных анализ индивидуальных показателей продемонстрировал статистически значимое замедление ПСМР, у другой половины анализ не выявил значимых изменений. При этом заплыве охлаждение организма, вероятно, сказывается на скорости нервных процессов, скорости нервно-мышечной передачи, мышечного ответа и в целом на длительности сенсомоторной реакции (особенно у пловцов с временем заплыва, превышающим 3 мин).

Более выраженное статистически значимое замедление ПСМР по среднегрупповому показателю выявлено при 10-минутном заплыве. При этом замедление ПСМР обнаружено у 9 из 10 пловцов. Главным фактором, определившим это замедление, по всей видимости, является охлаждение организма. Так, в некоторых исследованиях было показано, что длительное воздействие низких температур ухудшает память и снижает внимание, влияя на скорость реакции и принятие решений. Достаточно длительное погружение в холодную воду ведет к снижению температуры мозга на доли градуса, вызывая когнитивные нарушения за счет замедления нейронной проводимости и синаптических механизмов передачи [23–25].

Анализ динамики показателей сердечно-сосудистой системы выявил зависимость изменений от длительности пребывания в холодной воде. Параметры АД в исходном состоянии в среднем по группе соответствовали возрастной норме. При заплывах на 25 м в целом по группе систолическое давление статистически значимо повышалось, диастолическое давление повышалось незначительно. Тем не менее следует отметить, что у двух обследованных оно вышло за пределы нормы: систолическое повысилось за 160 мм рт. ст., а диастолическое — 104 мм рт. ст. При коротких заплывах основным фактором, повышающим АД, по-видимому, является активация стресс-реализующей симпатoadrenalовой системы. При более длительных заплывах на 200 и 400–450 м, помимо реакции стресса, повышению артериального давления способствуют защитные реакции от теплопотери — стойкая длительная констрикция периферических сосудов, повышающая периферическое сопротивление. Понижение систолического давления при одновременном повышении диастолического с уменьшением пульсового давления, сочетавшегося с понижением ЧСС, наблюдали у одного пловца. Такую реакцию организма на рассматриваемую нагрузку следует считать неблагоприятной.

Анализ ЭКГ в исходном состоянии выявил у 66% обследованных пловцов замедление проводимости через предсердия. В клинической практике этот факт считается неблагоприятным, его связывают с признаком расширения предсердных камер и блокад предсердного проведения, рассматривают как фактор риска различных клинических событий: фибрилляции

предсердий и ишемического инсульта [26–28]. Вместе с тем уширение зубца Р может быть обусловлено физиологическим состоянием, часто наблюдающимся у спортсменов, тренирующихся в аэробной зоне мощности. В этом случае уширение зубца Р может быть связано с гипертрофией предсердий, обусловленных адаптацией к данному виду деятельности [29, 30].

Поскольку холодовое плавание — аэробный вид деятельности [31, 32], оказывающий существенную нагрузку на газотранспортные системы организма, вполне правомерно предположить, что он оказывает существенную нагрузку на сердце, способствуя гипертрофии миокарда и дилатации камер сердца, в том числе предсердий.

Сравнение изменения проводимости миокарда после заплывов на 25 м кролем на спине и на груди с погружением лица в воду показало более выраженное замедление проведения при заплывах с погружением лица в воду. Это может быть связано с реализацией так называемого нырятельного рефлекса и усилением вагусных парасимпатических влияний на синусовый узел сердца [2]. Отмечено также, что замедление проведения, особенно в предсердиях (длительность зубца Р), сразу после заплывов выражено у обследованных по-разному. У одного пловца время проведения уменьшается, у трех изменяется незначительно, оставаясь в пределах нормы, у пяти превышает верхний предел нормы (112–122 мс), у восьми значительно превышает норму (125–210 мс). Мы полагаем, что это связано с различной реактивностью миокарда на влияния *l. vagus* при реализации нырятельного ответа во время заплыва с погружением лица в воду [33].

При более длительных заплывах на 200 и 400–450 м скорость проведения в предсердиях возвращается к исходному уровню. На наш взгляд, это обусловлено тем, что одновременно с парасимпатическим воздействием начинают проявляться симпатические влияния на миокард, связанные с холодовым стрессом. Как известно, парасимпатические холинергические влияния реализуются быстрее (<1 с от начала воздействия), чем симпатические (>5 с от начала воздействия) [34].

О том, что организм испытывает стресс, свидетельствует повышение глюкозы в крови во время заплывов, особенно при заплывах на длинные дистанции. Длительность проведения биоэлектрического сигнала через миокард желудочков прогрессирующе увеличивается (увеличение QTc) соответственно длительности нахождения в воде. Причиной этому могут быть несколько факторов: во-первых, нарушения электролитного баланса (например, гипокалиемия), связанные с физической нагрузкой на фоне высокого уровня катехоламинов [35], которые особенно повышаются на фоне холодового стресса при длинных заплывах; во-вторых, использование лекарств, удлиняющих QT, метаболические изменения. Однако спортсмены-любители, принимавшие участие в заплывах, были предварительно предупреждены о нежелательности приема таких средств. В-третьих, не следует исключать случаи с наследственной предрасположенностью удлинения QT-интервала, например мутацией гена *KCNQ1*. Физические нагрузки и высокий уровень катехоламинов, связанный с холодовым стрессом у таких спортсменов, могут быть провоцирующим фактором [36]. Следует также отметить, что увеличение

корректированного QT-интервала (QTc) наблюдается при всех заплывах с погружением лица в воду, но не при заплывах на спине. Это, по нашему мнению, является еще одним доказательством того, что нырятельный рефлекс, реализующийся при погружении лица в воду во время заплывов в холодной воде, играет существенную роль в формировании рисков сердечных аритмий.

Наши исследования подтверждаются данными, полученными в совместной работе словенских и французских ученых, также наблюдавших увеличение интервала QTc при заплывах на длинные дистанции, но в менее экстремально холодной воде — при 15 °С. При этом ими не обнаружено прямой корреляции между величиной охлаждения тела и нарастанием QTc-показателя. В наших исследованиях выраженное увеличение времени QTc, превышающее 500 мс, наблюдается при наиболее длительных заплывах. Возможно, зависимость между проведением электрического сигнала в миокарде и степенью снижения температуры тела существует. Для подтверждения этого требуются дополнительные исследования. Можно предположить, что удлинение интервала QTc возникает в результате кумулятивного эффекта ряда факторов: холодого и соревновательного стресса, нарушения электролитного баланса в результате интенсивной физической нагрузки, охлаждения организма и холинергических реакций нырятельного ответа, а также определяется генетически детерминированными особенностями организма [37, 38].

Замедление проводимости миокарда также может быть связано с высокой реактивностью миокарда на холинергические влияния *n. vagus* [33] при реализации нырятельной реакции во время погружения в воду. В этом случае дополнительный фактор низкой температуры, вызывающий охлаждение организма, может оказаться провоцирующим сердечные аритмии либо приводить к остановке сердца. Такие случаи в практике холодого плавания случались и в литературе описаны. Поэтому мы считаем, что для допуска к занятиям холодого плаванием должно проводиться дополнительное изучение реакции сердечно-сосудистой системы на водно-холодовую иммерсию.

Таким образом, показана зависимость гемодинамических и нейрофизиологических реакций от длительности заплыва: на всех дистанциях повышается систолическое АД и уровень глюкозы, а выраженное замедление простой сенсомоторной реакции и наиболее значимое удлинение интервала QTc фиксируются при 10-минутных заплывах. Это дополняет теорию о ступенчатой стресс-реакции на холод и физическую нагрузку и связывает кардиальные метаболические и регуляторные изменения нервно-мышечной системы в единую функциональную модель. Полученные нами результаты демонстрируют роль нырятельного рефлекса: заплывы с погружением лица в ледяную воду вызывают более выраженное замедление проводимости и удлинение интервала QTc, чем заплывы на спине, что конкретизирует механизм «вегетативного конфликта» (одновременная активация симпатки и парасимпатки) как фактора риска аритмий при холодого иммерсии. Подобные механизмы обсуждаются и в международной литературе по автономному конфликту и аритмиям при погружении в холодную воду.

Результаты нашего исследования могут быть интересны кардиологам и врачам функциональной диагностики. Полученные данные демонстрируют необходимость введения в медицинский допуск к занятиям спортивным холодого плаванием дополнительного критерия — реакции сердечно-сосудистой системы на водно-холодовую иммерсию. Они могут быть использованы при категоризации соревновательных дистанций и регламента их расположения в программе стартов; разработке протоколов допуска, мониторинга и реабилитации пловцов зимнего плавания; создании образовательных программ для тренеров и новичков по безопасному вхождению в холодого плавание.

Небольшой объем выборки (24 человека) и преобладание хорошо адаптированных спортсменов-любителей ограничивает возможность прямой экстраполяции результатов на абсолютно неадаптированных новичков. В дальнейшем при исследованиях в этом направлении необходимо проводить сравнение заплывов в холодной воде с результатами заплывов в воде «комфортной» температуры. Это позволит однозначно разделить вклад хронической аэробной тренировки и именно холодого фактора в формирование исходных изменений ЭКГ (уширение P, QTc). Следует также отметить, что оценка влияния гипотермии на проводимость миокарда и процессы нервной системы носит косвенный характер (по QTc и времени ПСМР), что требует подтверждения в исследованиях с прямым контролем температуры «ядра» тела. Целесообразно также провести оценку состава тела (жировая масса, толщина подкожной жировой клетчатки). Роль жирового компонента в теплосбережении и переносимости длинных дистанций оценивалась нами по косвенному показателю (ИМТ) и нуждается в уточнении. Перспективным представляется изучение полиморфизмов генов кодирующих белков калиевых каналов, связанных с удлинением QT: это могло бы выявить лиц с потенциальным риском увеличения QTc в условиях заплывов в холодной воде.

Выводы

1. Установлено замедление проведения электрического импульса через предсердия (длительность зубца P > 0,11 мс, выходящая за верхние пределы нормы) в исходном состоянии покоя у 67% обследуемых пловцов; после заплывов на короткие дистанции (25 м) длительность зубца P значительно выходила за верхний предел нормы у 85% обследованных.

2. Выявлена прямая зависимость между показателем QTc и величиной дистанции, а также длительностью ее преодоления. При 10-минутном заплыве увеличение длительности интервала QTc наблюдали у всех пловцов. При этом у трех из десяти QTc находится на верхней границе нормы, а у пяти значительно превышает верхнюю границу нормы — QTc > 500 мс.

3. При сравнении проводимости миокарда после заплывов на короткие дистанции (25 м) на груди с погружением лица в воду вольным стилем с заплывами кролем на спине выявлено статистически значимо более выраженное замедление проведения биопотенциала через предсердия и желудочки миокарда, что, вероятно, обусловлено реализацией нырятельного рефлекса и усилением холинергических влияний *n. vagus* на миокард.

4. Установлено значимое повышение систолического артериального давления после заплывов на всех дистанциях; статистически значимое повышение диастолического артериального давления по среднегрупповому показателю наблюдали только после 10-минутного заплыва.

5. Статистически значимое по среднегрупповому показателю повышение уровня глюкозы после заплывов на всех дистанциях относительно исходного

состояния отражало наличие стресса даже у адаптированных к холодовому плаванию пловцов.

6. Выявлено увеличение времени простой сенсорной реакции на световой раздражитель относительно исходного состояния после длительных 10-минутных заплывов на 350–450 м, что отражало замедление процессов в центральном и периферическом отделах нервной системы.

Литература / References

- Podyacheva E, Zemlyanukhina T, Shadrin L, Baranova T. Features of hemodynamics of pulmonary circulation during the diving reflex. *Biological Communications*. 2020;65(3):244–51. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2020.304>
- Nordine M, Schwarz A, Bruckstein R, Gunga HC, Opatz O. The Human Dive Reflex During Consecutive Apnoeas in Dry and Immersive Environments: Magnitude and Synchronicity. *Frontiers in Physiology*. 2022;12:725361. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.725361>
- Tipton M, Montgomery H. The experience of drowning. *Medico-Legal Journal*. 2022;90(1):17–26. <https://doi.org/10.1177/00258172211053127>
- World Health Organization (WHO) Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *The Lancet*. 2004;363(9403):157–63. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)15268-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)15268-3)
- Flegal KM, Carroll MD, Kit BK, Ogden CL. Prevalence of obesity and trends in the distribution of body mass index among US adults, 1999–2010. *JAMA*. 2012;307(5):491–7. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.39>
- Kenny J, Cullen S, Warrington GD. The “Ice-Mile”: Case Study of 2 Swimmers’ Selected Physiological Responses and Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2017;12(5):711–4. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0323>
- Notley SR, Mitchell D, Taylor NAS. A century of exercise physiology: concepts that ignited the study of human thermoregulation. Part 4: evolution, thermal adaptation and unsupported theories of thermoregulation. *European Journal of Applied Physiology*. 2024;124(1):147–218. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05262-9>
- Stephens JM, Halson SL, Miller J, Slater GJ, Chapman DW, Askew CD. Effect of Body Composition on Physiological Responses to Cold-Water Immersion and the Recovery of Exercise Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2018;13(3):382–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0083>
- Tikusis P. Prediction of survival time at sea based on observed body cooling rates. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 1997;68(5):441–8.
- Tarlochan F, Ramesh S. Heat transfer model for predicting survival time in cold water immersion. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*. 2005;17(4):159–66. <https://doi.org/10.4015/S1016237205000251>
- Knechtle B, Barkai R, Hill L, Nikolaidis PT, Rosemann T, Sousa CV. Influence of Anthropometric Characteristics on Ice Swimming Performance—The IISA Ice Mile and Ice Km. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(13):6766. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136766>
- Sancini A, Ricci S, Tomei F, Pacchiarotti A, Nardone N, Ricci P, et al. Work related stress and blood glucose levels. *Annali di Igiene*. 2017;29(2):123–33. <https://doi.org/10.7416/ai.2017.2139>
- Song G, Liu X, Lu Z, Guan J, Chen Y, Li Y, et al. Relationship between stress hyperglycaemic ratio (SHR) and critical illness: a systematic review. *Cardiovascular Diabetology*. 2025;24(1):188. <https://doi.org/10.1186/s12933-025-02751-3>
- Bosiacki M, Tarnowski M, Misiakiewicz-Has K, Lubkowska A. The Effect of Cold-Water Swimming on Energy Metabolism, Dynamics, and Mitochondrial Biogenesis in the Muscles of Aging Rats. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(7):4055. <https://doi.org/10.3390/ijms25074055>
- Knechtle B, Stjepanovic M, Knechtle C, Rosemann T, Sousa CV, Nikolaidis PT. Physiological Responses to Swimming Repetitive “Ice Miles”. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021;35(2):487–94. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002690>
- Paulo E, Wu D, Wang Y, Zhang Y, Wu Y, Swaney DL, et al. Sympathetic inputs regulate adaptive thermogenesis in brown adipose tissue through cAMP-Salt inducible kinase axis. *Scientific Reports*. 2018;8(1):11001. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29333-6>
- Leppälüoto J, Westerlund T, Huttunen P, Oksa J, Smolander J, Dugue B, et al. Effects of long-term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, β -endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 2008;68:145–53. <https://doi.org/10.1080/00365510701516350>
- Raiko JRH, Saari T, Orava J, Savisto N, Parkkola R, Haarpanta-Solin M, et al. Changes in electrocardiogram parameters during acute nonshivering cold exposure and associations with brown adipose tissue activity, plasma catecholamine levels, and brachial blood pressure in healthy adults. *Physiological Reports*. 2021;9(3):e14718. <https://doi.org/10.14814/phy2.14718>
- Wakabayashi H, Sakaue H, Nishimura T. Recent updates on cold adaptation in population and laboratory studies, including cross-adaptation with nonthermal factors. *Journal of Physiological Anthropology*. 2025;44(1):7. <https://doi.org/10.1186/s40101-025-00387-6>
- Wang Z, Ning T, Song A, Rutter J, Wang QA, Jiang L. Chronic cold exposure enhances glucose oxidation in brown adipose tissue. *The EMBO Reports*. 2020;21(11):e50085. <https://doi.org/10.15252/embr.202050085>
- Chen W, Xu Z, You W, Zhou Y, Wang L, Huang L, et al. Cold exposure alters lipid metabolism of skeletal muscle through HIF-1 α -induced mitophagy. *BMC Biology*. 2023;21:27. <https://doi.org/10.1186/s12915-023-01514-4>
- Scotto CR, Petitcollin F, Dupuy O, Casiez G, Dugué B, Toussaint L. Arm cooling selectively impacts sensorimotor control. *Journal of Neurophysiology*. 2024;131(4):607–18. <https://doi.org/10.1152/jn.00196.2023>
- Jones DM, Bailey SP, Roelands B, Buono MJ, Meeusen R. Cold acclimation and cognitive performance: a review. *Autonomic Neuroscience*. 2017;208:36–42. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2017.11.004>
- Taylor L, Watkins SL, Marshall H, Dascombe BJ, Foster J.

- The impact of different environmental conditions on cognitive function: a focused review. *Frontiers in Physiology*. 2016;6:372.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00372>
25. Khan AM, Finlay JM, Clarke P, Sol K, Melendez R, Judd S, et al. Association between temperature exposure and cognition: a cross-sectional analysis of 20,687 aging adults in the United States. *BMC Public Health*. 2021;21(1):1484.
<https://doi.org/10.1186/s12889-021-11533-x>
 26. Massin SZ, Denham N, Kakarla J, Hans AK, Vigmond E, Chauhan VS. Left atrial deceleration outperforms regional conduction velocity in predicting arrhythmia recurrence following atrial fibrillation ablation. *Heart Rhythm O2*. 2025;6(7):928–39.
<https://doi.org/10.1016/j.hroo.2025.03.020>
 27. Istolahti T, Eranti A, Huhtala H, Lyytikäinen LP, Kähönen M, Lehtimäki T, et al. The prevalence and prognostic significance of interatrial block in the general population. *Annals of Medicine*. 2020;52(3–4):63–73.
<https://doi.org/10.1080/07853890.2020.1731759>
 28. Chen LY, Ribeiro ALP, Platonov PG, Cygankiewicz I, Soliman EZ, Gorenek B, et al. P Wave Parameters and Indices: A Critical Appraisal of Clinical Utility, Challenges, and Future Research—A Consensus Document Endorsed by the International Society of Electrocardiology and the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology. *Circulation. Arrhythmia and Electrophysiology*. 2022;15(4):e010435.
<https://doi.org/10.1161/CIRCEP.121.010435>
 29. Konieczny K, Banks L, Osman W, Glibbery M, Connelly KA, Yan AT, et al. Prolonged P wave duration is associated with right atrial dimensions, but not atrial arrhythmias, in middle-aged endurance athletes. *Journal of Electrocardiology*. 2019;56:115–20.
<https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2019.07.002>
 30. Banks L, Al-Mousawy S, Altaha MA, Koneczny KM, Osman W, Currie KD, et al. Cardiac remodeling in middle-aged endurance athletes: relation between signal-averaged electrocardiogram and LV mass. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*. 2021;320(1):H316–22.
<https://doi.org/10.1152/ajpheart.00602.2020>
 31. Manolis AS, Manolis SA, Manolis AA, Manolis TA, Apostolaki N, Melita H. Winter Swimming: Body Hardening and Cardiorespiratory Protection Via Sustainable Acclimation. *Current Sports Medicine Reports*. 2019;18(11):401–15.
<https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000653>
 32. Bosiaci M, Tarnowski M, Misiakiewicz-Has K, Lubkowska A. The Effect of Cold-Water Swimming on Energy Metabolism, Dynamics, and Mitochondrial Biogenesis in the Muscles of Aging Rats. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(7):4055.
<https://doi.org/10.3390/ijms25074055>
 33. Баранова ТИ, Рыбьякова ТВ, Дмитриева МО, Анисимов ДА, Тарасова МС, Оганнисян МГ. Особенности реакции сердечно-сосудистой системы организма человека на погружение в холодную воду. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2023;25(4):106–15.
Baranova TI, Rybyakova TV, Dmitrieva MO, Anisimov DA, Tarasova MS, Ogannisyan MG. Specifics of reaction of human cardiovascular system to immersion in cold water. *Extreme Medicine*. 2023;25(4):106–15 (In Russ.).
<https://doi.org/10.47183/mes.2023.053>
 34. Nunan D, Sandercock GR, Brodie DA. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *PACE*. 2010;33(11):1407–17.
<https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x>
 35. Jha S. A Case Report on QTc Prolongation: Understanding the Medication Risks and Electrolyte Imbalance. *Cureus*. 2022;14(1):e21421.
<https://doi.org/10.7759/cureus.21421>
 36. Lazzarini E, Lodrini AM, Arici M, Bolis S, Vagni S, Panella S, et al. Stress-induced premature senescence is associated with a prolonged QT interval and recapitulates features of cardiac aging. *Theranostics*. 2022;12(11):5237–57.
<https://doi.org/10.7150/thno.70884>
 37. Faivre-Rampant V, Hingrand C, Mezanger A, Saloux E, Ollitrault P, Alvaro S, et al. Cardiac electrical and functional activity following an outdoor cold-water swimming event. *Journal of Thermal Biology*. 2024;125:103996.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.103996>
 38. Wu X, Larsson HP. Insights into Cardiac IKs (*KCNQ1/KCNE1*) Channels Regulation. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(24):9440.
<https://doi.org/10.3390/ijms21249440>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Т.И. Баранова — формулирование идеи, гипотезы, цели исследования, научное руководство проектом, написание первоначального текста статьи; Ю.В. Украинцева — проведение экспериментов, сбор данных; М.А. Карпова — управление данными (подготовка, аннотирование, хранение); Т.В. Рыбьякова — редактирование, доработка текста; А.Д. Ванькова — составление таблиц и рисунков; А.А. Толеген — проверка результатов, воспроизводимости; М.С. Тарасова — редактирование текста, подготовка итоговой версии рукописи; М.Г. Оганнисян — организационное управление проектом, создание программного обеспечения, скриптов, алгоритмов.

Об авторах:

Баранова Татьяна Ивановна, д-р биол. наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0524-2933>

Украинцева Юлия Валерьевна, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3717-1271>

Карпова Мария Александровна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5105-2830>

Рыбьякова Татьяна Всеволодовна, канд. пед. наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8966-3987>

Ванькова Анна Дмитриевна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1250-5435>

Толеген Айжан Айтбайкызы, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2970-129X>

Тарасова Мария Сергеевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2359-1814>

Оганнисян Мкртыч Гагикович, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7074-5337>