

Е.М. Ковалева, С.В. Горнов, Н.В. Рылова

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПЛОВЦОВ

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Рылова Наталья Викторовна: rilovanv@mail.ru

Резюме

Функциональная диагностика в современном спорте является ключевым инструментом оценки состояния спортсмена и эффективности тренировочного процесса. В плавании особую актуальность приобретает вопрос сопоставимости показателей, полученных в водной среде и на суше. Исследование показало, что классические методы тестирования, применяемые в других видах спорта, не могут в полной мере отразить специфику плавания и особенности работы организма спортсмена в водной среде. Существенное влияние на физиологические показатели пловцов оказывают гидростатическое давление, измененное действие силы тяжести, сопротивление воды и горизонтальное положение тела. Наиболее информативными методами оценки функционального состояния пловцов являются плавательные тесты в бассейне и методики с применением портативных газоанализаторов. Экспериментальное исследование на спортсменке-любительнице, специализирующейся на плавании на средние дистанции, продемонстрировало значительные различия в показателях при тренировках на суше и в воде. Результаты подтверждают необходимость комплексного подхода к оценке тренированности пловцов, сочетающего специфические для плавания методы тестирования и общепринятые методики с обязательной коррекцией на особенности данного вида спорта. Это позволит более точно оценивать тренировочный процесс и корректировать программу подготовки спортсменов с учетом их индивидуальных особенностей и специфики водной среды.

Ключевые слова: функциональная диагностика, спортивное плавание, велоэргометрия, газоанализ, максимальное потребление кислорода

Для цитирования: Ковалева Е.М., Рылова Н.В. Особенности функциональной диагностики пловцов// Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2025. №4. С. 16–23. DOI: 10.33266/2782-6430-2025-4-16-23

E.M. Kovaleva, S.V. Gornov., N.V. Rylova

Features of Functional Diagnostics of Swimmers

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Rylova Natal'ya Victorovna: rilovanv@mail.ru

Abstract

Functional diagnostics in modern sports is a key tool for assessing an athlete's condition and the effectiveness of the training process. In swimming, the issue of comparability of indicators obtained in the aquatic environment and on land is of particular relevance. The study showed that classical testing methods used in other sports cannot fully reflect the specifics of swimming and the specifics of the athlete's body in the aquatic environment. Hydrostatic pressure, the altered effect of gravity, water resistance and the horizontal position of the body have a significant impact on the physiological parameters of swimmers. The most informative methods for assessing the functional state of swimmers are swimming tests in the pool and techniques using portable gas analyzers. An experimental study on an amateur athlete specializing in middle-distance swimming demonstrated significant differences in performance when training on land and in water. The results confirm the need for an integrated approach to assessing swimmers' fitness, combining swimming-specific testing methods and generally accepted techniques with mandatory adjustments to the specifics of this sport. This will make it possible to more accurately evaluate the training process and adjust the athletes' training program, taking into account their individual characteristics and the specifics of the aquatic environment.

Keywords: functional diagnostics, sports swimming, bicycle ergometry, gas analysis, maximum oxygen consumption

For citation: Kovaleva E.M., Rylova N.V. Features of Functional Diagnostics of Swimmers. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2025.4:16-23. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2025-4-16-23

Введение

В современном спорте высших достижений функциональная диагностика занимает одно из центральных мест в системе подготовки атлетов. Она выступает как ключевой инструмент оценки состояния спортсмена, эффективности тренировоч-

ного процесса и прогнозирования спортивных результатов, позволяя получить объективные данные о функциональном состоянии организма атлета.

Функциональная диагностика в спорте представляет собой комплексную систему исследований, направленных на оценку состояния различных систем

организма спортсмена: сердечно-сосудистой, дыхательной, мышечной, нервной и других. Особое значение при этом имеет определение уровня физической работоспособности, выносливости, скоростно-силовых качеств и других важных показателей, влияющих на спортивный результат. В основе функциональной диагностики лежит принцип комплексного подхода к оценке состояния спортсмена. Это подразумевает использование различных методов исследования, включая лабораторные анализы, инструментальные измерения, функциональные пробы и тесты. При этом важно учитывать специфику конкретного вида спорта, так как различные дисциплины предъявляют особые требования к организму спортсмена и формируют специфические адаптационные изменения.

Особую актуальность функциональная диагностика приобретает в видах спорта, характеризующихся специфическими условиями деятельности, к которым относится плавание. Водная среда создает уникальные условия для функционирования организма спортсмена, существенно отличающиеся от наземной деятельности. Важнейшим аспектом функциональной диагностики в спорте является необходимость учета индивидуальных особенностей спортсмена. Каждый атлет имеет свой уникальный уровень тренированности, особенности адаптации к нагрузкам и потенциал к развитию. Поэтому при проведении исследований важно учитывать не только общие показатели, но и динамику изменений индивидуальных характеристик спортсмена в процессе подготовки.

В современных условиях функциональная диагностика активно развивается в направлении создания более точных и информативных методов оценки состояния спортсменов. Особое внимание уделяется разработке специальных протоколов тестирования, учитывающих специфику различных видов спорта, а также совершенствованию методик интерпретации полученных результатов. Это позволяет получать более достоверную информацию о функциональном состоянии спортсмена и обеспечивать более качественную подготовку к соревнованиям. Комплексный подход к функциональной диагностике в спорте включает не только оценку текущего состояния спортсмена, но и мониторинг динамики его развития в процессе тренировочного цикла. Это позволяет своевременно выявлять признаки переутомления, перенапряжения или недостаточной нагрузки, корректировать тренировочный процесс и обеспечивать оптимальное соотношение между нагрузками и восстановлением. При проведении функциональной диагностики в плавании особое значение приобретает вопрос сопоставимости показателей, полученных в условиях водной среды и на суше. Существующие методики, разработанные для других видов спорта, не всегда могут адекватно отразить специфику работы организма пловца. Это создает потребность в разработке и внедрении комплексных подходов к оценке функционального состояния спортсменов, учитывающих особенности их специфической деятельности.

Таким образом, функциональная диагностика в современном спорте представляет собой сложную

многоуровневую систему оценки состояния спортсмена, требующую учета множества факторов: от индивидуальных особенностей организма до специфики конкретного вида спорта. Развитие методов функциональной диагностики и совершенствование подходов к интерпретации полученных данных является одним из ключевых направлений в повышении эффективности спортивной подготовки и достижении высоких результатов в соревнованиях.

Цель исследования

Цель исследования заключается в проведении комплексного анализа и сравнительной оценки различных методов функциональной диагностики пловцов для определения наиболее точных и информативных способов оценки их функционального состояния. Исследование направлено на изучение влияния специфических условий водной среды на результаты тестирования, анализ существующих методов диагностики, включая специфические (плавание с тросом, портативные газоанализаторы) и неспецифические (велоэргометрия, беговая дорожка, ручной эргометр) нагрузки, а также выявление их преимуществ и недостатков.

Материалы и методы

Стратегия поиска для обзора литературы за период с 2010 по 2025 гг. в WebofScience, PubMed, e-Library, GoogleSchool, основывалась на комбинации терминов, относящихся к теме исследования, например, велоэргометрия, функциональная диагностика, спортивное плавание, газоанализ.

Результаты

Определение и трактовка показателей функциональной диагностики пловцов требует обязательного учитывания специфических условий данного вида спорта. Осуществление работы в другой среде – в водной – влечет за собой ряд отличительных особенностей, влияющих на тестируемые показатели основных физиологических систем, таких как сердечно-сосудистая и дыхательная. В частности, к данным специфичным условиям плавательных тренировок будут относиться изменение действия силы гравитации, сопротивление воды, теплоемкость воды, горизонтальное положение тела, иное перераспределение нагрузки на мышечные группы. Для корректной интерпретации результатов функциональной диагностики необходимо опираться на ключевые положения спортивной физиологии, учитывающие уникальные адаптационные механизмы пловцов, т.к. стандартные критерии оценки, применяемые в других видах спорта, могут привести к ошибочным выводам. [2, 7, 11].

Плотность воды в 775 раз выше плотности воздуха, тем не менее, при погружении в воду тело человека оказывается под воздействием гидростатического давления, испытывая на себе измененное действие «потопляющей» силы тяжести и одновременно выталкивающей силы. С одной стороны, в условиях гидростатической невесомости водная среда оказывает положительный эффект на организм

за счет снижения веса тела и, соответственно, снижения нагрузки на опорно-двигательный аппарат и увеличения подвижности сегментов тела, с другой стороны, повышенная плотность среды приводит к необходимости преодоления в воде в динамических условиях большего сопротивления, чем при тренировках на суше. При движении в воде образуются области повышенного и пониженного давления – впереди и позади тела пловца соответственно. Так, данное гидродинамическое сопротивление будет обуславливать большее вовлечение в работу мышц группы пояса верхней конечности и корпуса. Кроме того, будут увеличиваться энергозатраты за счет мышечной работы, направленной не столько на удержание тела в определенном положении, сколько на преодоление сопротивления при движении. Соответственно, для реализации движущей силы, складываемой из подъемной силы и силы сопротивления, расход энергии при плавании будет в 5-10 раз больше, чем при беге с той же скоростью. [7, 12].

Важно также учитывать, что на показатели, связанные с работой дыхательной и сердечно-сосудистой систем особое влияние будет оказывать давление воды на грудную клетку. Данный фактор затрудняет дыхательную экскурсию и в сочетании с зависимостью дыхания от ритма гребковых движений приводит к реализации работы в условиях относительной гиповентиляции. Это, в свою очередь, будет обуславливать меньшие показатели при плавании частоты дыхательных движений. Тем не менее, показатель насыщения артериальной крови кислородом при плавании будет соответствовать значениям, регистрируемым в обычных условиях, например, при беге. [5,7,11].

Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы – такие как частота сердечных сокращений и сердечный выброс – находятся в прямой линейной зависимости от показателя потребления кислорода во время тренировки. Однако здесь важно отметить, что на частоту сердечных сокращений будет также существенно влиять температура воды. Снижение температуры воды будет приводить к уменьшению частоты сердечных сокращений, однако будет увеличивать сердечный выброс. Кроме того, увеличение сердечного выброса будет также связано с усиленным венозным возвратом, т.к. горизонтальное положение тела и условия гидростатической невесомости создают благоприятные условия для большего заполнения сердца во время диастолы. [11, 12]

Как уже отмечалось ранее, выбор метода тестирования функциональных показателей пловцов и интерпретация полученных данных является актуальной проблемой. Неоднозначным остается и вопрос соотношения VO_{2max} , как одного из основных показателей качества комплексного функционирования систем организма, при плавании и при нагрузке на суше. В части представленных исследований показатель максимального потребления кислорода при тестировании на беговой дорожке или велоэргометре больше, чем при плавании [5, 12, 19, 20]. Ряд исследований, наоборот, демонстрируют, что максимальное потребление кислорода во

время плавания выше [17, 21, 22, 25]. Во многом, сложность однозначной оценки связана с тем, что стандартные протоколы нагрузки на велоэргометре или на тредмиле не адаптированы для тестирования пловцов, а также то, что на уровень максимального потребления кислорода на суше существенное влияние оказывает квалификация пловца, не только его специальная, но и общая тренированность.

Одним из основных и важных принципов функциональной диагностики является обеспечение сопоставимости, специфичности «лабораторной» нагрузки по отношению к тренировочной. В связи с этим условием, наиболее оптимально для оценки и диагностики пловцов проведение исследований непосредственно в бассейне. Так, для оценки специальной подготовленности Всероссийская федерация плавания в методическом руководстве по диагностике и оценке подготовленности пловцов рекомендует комплекс плавательных тестов, которая проводится в разные периоды большого тренировочного цикла и нацелена на определение тренированности различных механизмов энергообеспечения, что реализуется за счет работы в строго регламентированных пульсовых зонах. Тем не менее, оценка результатов данных тестов базируется исключительно на среднем времени проплывания заданных отрезков и не позволяет получить более детальных сведений о реакциях организма на осуществляемую нагрузку. [1, 10]

Диагностическая значимость в определении процессов энергообеспечения следующего теста более высока, т.к. определение аэробного и анаэробного порогов в нем строится на показателях лактата сыворотки крови. В тесте со ступенчатым увеличением интенсивности плавания пловцу предлагается проплыть по 4 серии из нескольких повторений. Каждая серия рассчитана на плавание с заданной скоростью, которая определяется по частоте сердечных сокращений. [1]

После завершения каждой плавательной серии спортсмену дается время на отдых. На третьей минуте восстановления проводится забор крови на определение уровня лактата. При этом в каждой серии фиксируется среднее время, затрачиваемое на дистанцию каждого повторения. На основании зависимости между концентрациями лактата и скоростью плавания строится лактатная кривая. Аэробный порог отмечается в среднем при концентрации лактата 2 ммоль/л, анаэробный – 4 ммоль/л. По данному графику проводится определение скоростей на аэробном и анаэробном пороге и делается заключение о развитости специальной выносливости спортсмена.

Таблица 1
Тест со ступенчатым увеличением интенсивности плавания
Step-by-Step Swimming Intensity Test Test results during the training process

Серия и повторение	Пульсовая зона (за 10 секунд)	Серия и повторение	Пульсовая зона (за 10 секунд)
<i>Пловцы-спринтеры</i>		<i>Пловцы-стайеры</i>	
4x100 м	PS=22-24"	2x200 м	PS=22-24"
2x100 м	PS=25-26"	2x200 м	PS=25-26"
2x100 м	PS=26-28"	2x200 м	PS=26-28"
2x100 м	PS=29-30"	2x200 м	PS=29-30"

Существенным недостатком данного теста является то, что его результаты могут быть полезны только при динамической оценке изменения показателей в рамках тренировочного процесса. [1].

Проведение диагностики с учетом специфической нагрузки может быть реализовано при применении портативного газоанализатора. Данное оборудование позволяет проводить оценку комплексной деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем – в том числе определять дыхательный коэффициент и максимальное потребление кислорода – непосредственно во время плавания, что является несомненным преимуществом при оценке специальной подготовленности пловцов. Так, сопоставимость данных о показателях аэробного и анаэробного порогов, полученных при использовании портативного газоанализатора, с данными велоэргометрии в рамках 95 % доверительного интервала была показана в работе С. Baldari (2012). R. Zacca (2023) также продемонстрировал, что использование современных портативных газоанализаторов обеспечивает точные, стабильные и воспроизводимые функциональные показатели. Тем не менее, этот метод сложен для применения в рутинной практике проведения функциональной диагностики спортсменов, например, в рамках прохождения углубленного медицинского обследования. Тем не менее, применение газоанализа в функциональной диагностике пловцов с целью определения дыхательного коэффициента ставится под сомнение Авдиенко В.Б. и соавторами в методическом пособии, т.к. наступление анаэробного порога по концентрации лактата в крови совпадало с данным показателем по дыхательному коэффициенту (1,0) лишь в 5-8 % случаев. [1, 13, 18, 23, 27].

В результатах исследования, проведенного Китига Ю. и соавторами (1990), представляется вариант тестирования пловцов с применением специального «имитатора плавания» - наклонной скамьи, позволяющей выполнять круговые движения руками на специальном тренажере и одновременным ударом ногой. Для имитации сопротивления воды удары ногой выполнялись с использованием тренировочного эластичного жгута. Основным сравниваемым показателем в рамках функциональной диагностики было максимальное потребление кислорода. Сравнение тестирования на «имитаторе плавания» с плаванием с тросом показало, что при первом методе был достигнут 91% от максимального потребления кислорода, полученного при непосредственно плавании. Кроме того, в данном исследовании с плаванием с тросом также сравнивали бег на дорожке, велоэргометрию и просто выполнение круговых движений руками. Результаты после бега и велоэргометрии были значительно выше (на 11 %), чем при плавании, а после движения руками – ниже (на 37 %). Основываясь на представленных процентных показателях, можно сделать вывод о том, что описанный метод «имитации плавания» можно использовать для функциональной диагностики пловцов в лабораторных условиях. Данное исследование наглядно демонстрирует важность баланса между практичностью и специфичностью диагностических

тестов, что во многом будет отображаться в современных работах [19].

Подтверждает отчасти заданный тезис и более поздний систематический обзор Cortesi M. (2019). Результаты при использовании эргометра для имитации плавания в лабораторных условиях были ниже, чем при плавании вольным стилем. Данное соотношение связывали с тем, что подобные устройства хоть и позволяют воссоздать движения, похожие на плавательные, не учитывают искаженное действие физических сил в водной среде, что, соответственно, приводит к включению в работу на суше меньшего числа мышечных групп. Кроме того, положение корпуса на эргометре существенно отличается от такового в воде, что будет по-иному влиять на экскурсию грудной клетки и показатели работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Еще одним значимым тезисом, выдвигаемым в данном обзоре, является то, что при оценке функциональных показателей на суше обязательно необходимо включать возможность осуществлять при тестировании движения ногами, т.к. это способствует приближению результатов к регистрируемым при плавании. [16].

Использование эргометров для имитации плавания ставится под сомнение в исследовании De Naan M (2024). В данной работе проводилось сравнение показателей максимального потребления кислорода по результатам тестирования в формате плавания с тросом, выполнения сгибания рук и с использованием «плавательного» эргометра и велоэргометра. Так, наиболее низкие показатели максимального потребления кислорода были зафиксированы при сгибании рук и имитации плавания на эргометре. Плавание с тросом дало сопоставимые результаты с велоэргометром, что позволяет рассматривать последний как валидный метод тестирования пловцов в лабораторных условиях. [17].

Неэффективность тестирования только посредством включения в работу верхних конечностей, в частности, с помощью ручного эргометра, подтверждается во многих работах. Так, Maglischo E. (2003) в своем систематическом обзоре демонстрирует, что в большинстве проведенных исследований, где показатели плавания в полной координации сравнивались с результатами ручного эргометра, последний метод не позволял добиться сопоставимости значений максимального потребления кислорода. Да, активность мышц верхней части тела на эргометрах схожа с плаванием, но вовлечение корпуса и ног при данном виде нагрузочного тестирования на 20–30 % ниже. [21, 24, 26].

Из различных вариантов эргометров наиболее распространенными и доступными для проведения нагрузочного тестирования спортсменам различных видов спорта являются беговая дорожка и велоэргометр. Так, по приказу Минздрава России от 23.10.2020 №1144ндл для плавания рекомендовано проведение эргометрии на тредмиле газоанализом по протоколу ступенчато-возрастающей нагрузки. Для нагрузочной пробы на тредмиле разработаны варианты протокола ступенчатой нагрузки, которые могут применяться,

в том числе, и для пловцов [9], но они все равно не являются адаптированными для данного вида спорта. Один из вариантов такого нагрузочного тестирования пловцов на тредмиле по протоколу с повышающейся нагрузкой включает двухминутную разминку, тестовую нагрузку с динамикой возрастания 1 км/ч вмин, начиная с 7 км/ч и двухминутную заминку. Важно отметить, что при тестировании на тредбане пловцы демонстрируют более высокие абсолютные значения максимального потребления кислорода и потребления кислорода на уровне вентиляционных порогов по сравнению с бегунами. Это объясняется большей массой тела пловцов. Однако при пересчете этих показателей с учетом массы тела разница между группами практически исчезает. Кроме того, по времени достижения максимального потребления кислорода был сделан вывод о том, что у пловцов эффективность бега при данных условиях составляет 79%, что отчасти и подтверждает неточность нагрузочного тестирования на беговой дорожке в данном виде спорта.[4, 6, 8, 9, 15].

Что касается использования тестирования с помощью велоэргометров, то из-за гидродинамического сопротивления и особенностей дыхания в воде для этого метода также характерна тенденция к искажению показателя максимального потребления кислорода в сторону его занижения. Так, в исследовании В. Roels при оценке функциональных показателей у триатлетов были зафиксированы более высокие показатели после теста на велоэргометре (68 мл/кг/мин против 53 мл/кг/мин), а у пловцов результаты велоэргометрии были ниже по сравнению с плаванием в полной координации (58,4 мл/кг/мин против 51,3 мл/кг/мин). Кроме того, максимальная частота сердечных сокращений при велоэргометрии больше примерно на 10 уд/мин. И хотя велоэргометрия не является специфическим нагрузочным тестированием для пловцов, как и тредмил, но все же является относительно стабильным методом, который позволяет получить точные количественные данные в контролируемых условиях. Одним из основных протоколов, применяемых в рамках функциональной диагностики с помощью велоэргометра, является Ramp-протокол. Суть данных протоколов заключается в постоянно увеличивающейся нагрузке на 5 Вт каждые 10 секунд (Ramp-30) или 7 секунд (Ramp-40) при стартовой нагрузке в 5 Вт. Так, использование велоэргометрии по Ramp-протоколам может быть альтернативой специфическому нагрузочному тестированию для ватерполистов. Что же касается спортивного плавания, в работе Дас А. и соавторов (2019) комплексное тестирование пловцов включало работу как на велоэргометре, так и на ручном эргометре. Так, велоэргометрическое нагрузочное тестирование осуществлялось по Ramp-протоколу с непрерывным увеличением мощности на 1 Вт за 1,5 секунды. И хотя данное исследование не проводит анализ результатов лабораторного тестирования непосредственно с плаванием, автор демонстрирует более высокие значения результатов велоэргометрии по сравнению с ручным эргометром. Тем не менее, при комбинации с ручным эргометром велоэргометрия

может быть полезным диагностическим инструментом в межсезонье, в то время как плавательные тесты могут дать адекватную оценку соревновательной готовности атлета. [3, 9, 14, 25].

Для решения вопроса о спорных аспектах соотношения показателей тренировок на суше и в бассейне был проведен эксперимент, цель которого заключалась в оценке динамических изменений показателя максимального потребления кислорода, времени наступления аэробного и анаэробного порогов, а также мощностных показателей. В исследовании принимала участие спортсменка-любитель, специализирующаяся на плавании на средние дистанции (400 м) вольным стилем. Для организации исследования был разработан специальный тренировочный план. Весь период исследования был разделен на два этапа. Первый этап – тренировка аэробных систем энергообеспечения на суше, второй этап – «аэробные» тренировки в бассейне. В течение обоих этапов также 3 раза в неделю проводились функциональные тренировки по общей физической подготовке. Тестирование показателей функциональной диагностики проводилось с использованием велоэргометра Physiomed V-ergo PRO 3 раза – на входе (перед началом тренировочного плана), после периода тренировок на суше и спустя 2 недели тренировок в бассейне (промежуточное тестирование в течение второго периода для оценки вектора изменения показателей). При диагностике был использован протокол Ramp-30, тестирование проводилось до отказа.

По результатам нагрузочного тестирования на входе был зафиксирован уровень максимального потребления кислорода на пиковой нагрузке (08:28 мин) равный 32,90 мл/мин/кг. Время наступления аэробного порога составило 03:08 минут. Время наступления анаэробного порога – 05:56 минут. Для определения максимальной частоты сердечных сокращений была использована формула: $220 - (\text{возраст})$. Полученное значение составило 196 ударов в минуту. При проведении функционального тестирования на пиковой нагрузке частота сердечных сокращений составила 182 уд/мин, на выходе на аэробный и анаэробный пороги – 117 и 151 уд/мин. Зафиксированная пиковая мощность равнялась 245 Вт, мощности на аэробном и анаэробном пороге – 100 Вт и 190 Вт соответственно.

В рамках первого этапа в течение трех недель по 3 раза в неделю проводились тренировки с использованием беговой дорожки Matrix MX-T3x. Работа на дорожке осуществлялась на скорости 5,5 км/ч и с углом наклона 15 градусов. Время тренировки составляло не менее 45 минут. При этом обязательным условием являлось поддержание в процессе активности заданного диапазона сердечных сокращений от 146 до 165 уд/мин.

При повторном тестировании было отмечено увеличение времени выхода на анаэробный порог 06:17 мин, времени достижения пиковой нагрузки – 09:13 мин, максимального потребления кислорода – 35,01 мл/мин/кг, а также мощностных показателей – 295 Вт на пиковой нагрузке, 110 и 205 Вт на аэробном и анаэробном порогах. Время выхода на аэробный

порог осталось без изменений – 03:07 мин. Что касается частоты сердечных сокращений, то достижение пиковой нагрузки было связано с регистрацией меньшего показателя ЧСС – 177 уд/мин. Однако на аэробном и анаэробном порогах частота сердечных сокращений была выше, чем при входном тестировании – 128 и 160 уд/мин, что говорит о некотором ухудшении ответа сердечно-сосудистой системы на тренировки и тестирующую нагрузку.

Плавательные тренировки проводились в бассейне с длиной дорожки 25 м. Как и на первом этапе длительность тренировки составляла не менее 45 минут. Скорость плавания регламентировалась перерасчитанным пульсовым диапазоном. Перед началом второго тестирования был проведен тест на определение максимального показателя ЧСС, для чего спортсменка преодолевала с максимально возможной для себя скоростью дистанцию 50 м. Зафиксированное значение составило 177 уд/мин. Соответственно, тренировочный пульсовый диапазон был в пределах от 132 до 150 уд/мин.

По результатам промежуточного тестирования в рамках второго этапа было отмечено снижение времени выхода на аэробный (02:57 мин) и анаэробный (05:09 мин) пороги по сравнению как с предыдущим, так и с входным тестированием. Время достижения пиковой нагрузки было снижено относительно результата первого этапа, но не входного тестирования – 08:35 мин. Данные показатели могут свидетельствовать о некотором ухудшении аэробной производительности. Максимальная частота сердечных сокращений соответствует полученным при входном тестировании, однако показатели на порогах ниже – 127 и 145 уд/мин, что демонстрирует улучшение тренированности по сравнению с итогами первого этапа. На пиковой нагрузке было зафиксировано снижение мощностных показателей – до 265 Вт. Что касается максимального потребления кислорода, то было отмечено его увеличение до 36,62 мл/кг/мин. Представленные данные раздельной динамической оценки показателей функционального состояния свидетельствуют о том, что классический применяемый протокол тестирования на велоэргометре не позволяет получить истинные сведения о тренированности спортсмена без учета

особенностей вида спорта. В частности, снижение мощности пиковой нагрузки после второго этапа эксперимента может быть связано с тем, что во время плавательных тренировок действительно происходит большее вовлечение в работу мышц верхних конечностей и корпуса. Увеличение времени достижения анаэробного порога на первом этапе (с 05:56 до 06:17 мин), но его снижение на втором (до 05:09 мин), может свидетельствовать о перераспределении энергообеспечения в пользу анаэробных систем при плавании у данной спортсменки. Кроме того, увеличение максимального потребления кислорода в рамках промежуточного тестирования во время плавательных тренировок всего на 0,5 мл/кг/мин уступает разнице между VO_{2max} после тренировок на беговой дорожке и входным тестированием, что может прогнозировать в итоге большие показатели максимального потребления кислорода по окончании второго этапа.

Заключение

Проведенное исследование функциональной диагностики пловцов показало, что классические методы тестирования, применяемые в других видах спорта, не могут в полной мере отразить специфику плавания и особенности работы организма спортсмена в водной среде. Существенное влияние на физиологические показатели пловцов оказывают такие факторы как гидростатическое давление, измененное действие силы тяжести, сопротивление воды и горизонтальное положение тела. Эти особенности требуют особого подхода к оценке функционального состояния пловцов и интерпретации полученных результатов.

Экспериментальное исследование, проведенное на спортсменке-любительнице, специализирующейся на плавании на средние дистанции, наглядно продемонстрировало различия в показателях при тренировках на суше и в воде. Было выявлено, что время достижения анаэробного порога, показатели максимального потребления кислорода и мощности существенно варьируются в зависимости от среды тренировки. При этом увеличение максимального потребления кислорода после плавательных тренировок оказалось менее значительным по сравнению

Таблица 2

Результаты тестирований в рамках тренировочного процесса
Test results during the training process

Показатель	Входное тестирование	Тестирование после 1го этапа	Тестирование после 2го этапа
Аэробный порог (мин)	03:08	04:00	02:57
Анаэробный порог (мин)	05:56	06:21	05:09
Пиковая нагрузка (мин)	08:28	09:13	08:35
ЧСС АП (уд/мин)	117	134	127
ЧСС ПАНО (уд/мин)	151	162	145
ЧСС пик (уд/мин)	182	177	183
$VO_{2/Kg}$ АП (мл/мин/кг)	18,48	21,38	15,95
$VO_{2/Kg}$ ПАНО (мл/мин/кг)	27,08	30,04	22,66
МПК (мл/мин/кг)	32,90	35,01	36,62
Дыхательный коэффициент	1,37	1,29	1,26
Мощность АП (Вт)	100	135	100
Мощность ПАНО (Вт)	190	205	165
Мощность пиковая (Вт)	245	295	265



Рисунок. Примеры пульсовой кривой в отчете о тренировке на беговой дорожке (слева) и в бассейне (справа)
Figure. Examples of heart rate curves in a treadmill workout report (left) and a pool workout report (right)

с тренировками на беговой дорожке, что указывает на необходимость комплексного подхода к оценке тренированности пловцов.

Результаты исследования подтверждают, что для получения достоверных данных о функциональном состоянии пловцов необходимо использовать специфические для плавания методы тестирования. Наиболее информативными являются плавательные тесты в бассейне, а также современные методики с применением портативных газоанализаторов, позволяющие оценивать комплексную деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем непосредственно во время плавания. При этом важно учитывать, что показатели, полученные при тести-

ровании на суше (велоэргометрия, тредмил), могут существенно отличаться от результатов специфических плавательных тестов.

Таким образом, для эффективной оценки функционального состояния пловцов необходим комплексный подход, сочетающий как специфические для плавания методы тестирования, так и общепринятые методики с обязательной коррекцией на особенности данного вида спорта. Это позволит более точно оценивать тренировочный процесс, определять эффективность применяемых нагрузок и корректировать программу подготовки спортсменов с учетом их индивидуальных особенностей и специфики водной среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Авдиенко В.Б., Солопов И.Н., Дубич И.А., Комаров Д.В. Диагностика и оценка подготовленности пловцов. М.: Всероссийская федерация плавания, 2022. 152 с.
- Булгакова Н.Ж. Плавание: Учебник для вузов. М.: Физкультура и спорт, 2001. 400 с.
- Дас А., Горелов А.Н., Захарова А.В., Мехдиева К.Р. Комплексное тестирование высококвалифицированных пловцов // Физическая культура и спорт: наука, образование, технологии: Матер. Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, Челябинск, 12 апреля 2019 г. Челябинск: Уральский государственный университет физической культуры, 2019. С. 30-33.
- Даутова А.З., Мавлиев Ф.А., Дрожжецкий Д.А., Зверев А.А., Назаренко А.С. Оценка функционального состояния организма высококвалифицированных пловцов на основе анализа корреляций и динамики показателей морфологического состава крови после нагрузочного тестирования // Спортивная медицина: наука и практика. 2024. Т.14. №2. С. 24-33.
- Коц Я.М. Спортивная физиология: Учебник для институтов физической культуры. М.: Физкультура и спорт, 1986. 239 с.
- Мавлиев Ф.А., Орлов А.В., Болтиков Ю.В., Назаренко А.С. Особенности аэробной работоспособности спортсменов в условиях неспецифического тестирования // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2017. №3. С. 111-115.
- Платонов В.Н. Спортивное плавание: путь к успеху / Под общ. ред. В.Н.Платонова. М.: Советский спорт, 2012. 480 с.
- Об утверждении Положения о Всероссийских спортивных соревнованиях: приказ Министерства спорта Российской Федерации от 09.06.2017 г. №1144. Электронный ресурс: <http://pravo.gov.ru> (Дата обращения 17.04.2025).
- Разинкин С.М., Самойлов А.С. Избранные лекции по спортивной медицине: Монография. Т.1. Лекции 1–10. М.: ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2022. 382 с.
- Фомиченко Т.Г., Бганцева И.В., Авдиенко В.Б., Солопов И.Н. Дифференцированная диагностика и оценка специальной физической и функциональной подготовленности пловцов на разных этапах многолетней спортивной подготовки // Вестник спортивной науки. 2024. №6. С. 16-21.
- Хорькова А.С., Адилев В.О. Некоторые физиологические изменения в организме при плавании и его оздоровительное значение // Вестник Югорского государственного университета. 2016. Т.1. №40. 209-212.
- Усманова В.Н., Орлов А.В., Шамгунова Г.М., Фомина Е.Б. Плавание. Специфические особенности воздействия на физиологические функции организма. Казань: КФУ, 2015. 30 с.
- Baldari C., Fernandes R.J., Meucci M., Ribeiro J., Vilas-Boas J.P., Guidetti L. Is the New AquaTrainer® Snorkel Valid for VO2 Assessment in Swimming? // Int J Sports Med. 2013. Apr. V.34. No.4. P. 336-44.
- Barrero A., Chaverri D., Erola P., Iglesias X., Rodríguez F. Intensity Profile during an Ultra-endurance Triathlon in Relation to Testing and Performance // Int J Sports Med. 2014. V.35. No.11. P. 935-41.
- Corry I., Powers N. Maximal Aerobic Power Measurement in Run-

- ners and Swimmers // Br J Sports Med. 1982. Sep. V.16. No.3. P. 154-60.
16. Cortesi M., Gatta G., Swaine I., Zamparo P., Konstantaki M. Laboratory-Based Ergometry for Swimmers: a Narrative Review // J Sports Med Phys Fitness. 2019. V.59. No.1. P. 11-21.
 17. de Haan M., Van der Zwaard S., Schreven S., Beek P.J., Jaspers R. Determining V O₂max in Competitive Swimmers: Comparing the Validity and Reliability of Cycling, arm Cranking, Ergometer Swimming, and Tethered Swimming // J Sci Med Sport. 2024. V.27. No.7. P. 499-506.
 18. Gayda M., Bosquet L., Juneau M., Guiraud T., Lambert J., Nigam A. Comparison of Gas Exchange Data Using the Aquatrainer System and the Facemask with Cosmed K4b2 during Exercise in Healthy Subjects // Eur J Appl Physiol. 2010. May. V.109. No.2. P. 191-9.
 19. Kimura Y., Yeater R.A., Martin R.B. Simulated Swimming: a Useful Tool for Evaluation the VO₂ Max of Swimmers in the Laboratory // Br J Sports Med. 1990. Sep. V.24. No.3. P. 201-6.
 20. Maconyte V., Stasiule L., Juodsnukis A., Zuoziene I.J., Stasiulis A. Aerobic Capacity in Swimming, Cycling and Arm Cranking in Swimmers Aged 11-13 Years // BMC Sports Sci Med Rehabil. 2024. Oct 1. V.16. No.1. P.208.
 21. Maglischo E.W. Swimming Fastest. Champaign: Human Kinetics, 2003. 791 p.
 22. Obert P., Falgairrette G., Bedu M., Coudert J. Bioenergetic Charac-

REFERENCES

1. Avdiyenko V.B., Solopov I.N., Dubich I.A., Komarov D.V. *Diagnostika i Otsenka Podgotovlennosti Plovtsov* = Diagnostics and Assessment of Swimmers' Preparedness. Moscow, Vserossiyskaya Federatsiya Plavaniya Publ., 2022. 152 p. (In Russ.).
2. Bulgakova N.Zh. *Plavaniye* = Swimming. Textbook for Universities. Moscow, Fizkul'tura i Sport Publ., 2001. 400 p. (In Russ.).
3. Das A., Gorelov A.N., Zakharova A.V., Mekhdiyeva K.R. Comprehensive Testing of Highly Qualified Swimmers. *Fizicheskaya Kul'tura i Sport: Nauka, Obrazovaniye, Tekhnologii* = Physical Education and Sport: Science, Education, Technology. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Master's Students. Chelyabinsk, April 12, 2019. Chelyabinsk, Ural'skiy Gosudarstvennyy Universitet Fizicheskoy Kul'tury Publ., 2019. P. 30-33 (In Russ.).
4. Dautova A.Z., Mavliyev F.A., Drozhetskiy D.A., Zverev A.A., Nazarenko A.S. Evaluation of the Functional State of the Body of Highly Qualified Swimmers Based on the Analysis of Correlations and Dynamics of Blood Morphological Composition Indicators after Stress Testing. *Sportivnaya Meditsina: Nauka i Praktika* = Sports Medicine: Research and Practice. 2024;14;2:24-33 (In Russ.).
5. Kots Ya.M. *Sportivnaya Fiziologiya* = Sports Physiology. Textbook for Physical Education Institutes. Moscow, Fizkul'tura i Sport Publ., 1986. 239 p. (In Russ.).
6. Mavliyev F.A., Orlov A.V., Boltikov Yu.V., Nazarenko A.S. Features of Aerobic Performance of Athletes under Non-Specific Testing Conditions. *Izvestiya Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Fizicheskaya Kul'tura. Sport.* = Bulletin of Tula State University. Physical Education. Sport. 2017;3:111-115 (In Russ.).
7. Platonov V.N. *Sportivnoye Plavaniye: Put' k Uspekhu* = Competitive Swimming: the Path to Success. Ed. V.N. Platonov. Moscow, Sovetskiy Sport Publ., 2012. 480 p. (In Russ.).
8. On Approval of the Regulation on All-Russian Sports Competitions. Order of the Ministry of Sports of the Russian Federation dated 06/09/2017 No. 1144 (In Russ.). URL: <http://pravo.gov.ru> (Date Accessed: 04/17/2025)
9. Razinkin S.M., Samoylov A.S. *Izbrannyye Lektsii po Sportivnoy Meditsine* = Selected Lectures on Sports Medicine. Monograph. V.1. Lectures 1-10. Moscow, FMBTS im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2022. 382 p. (In Russ.).
10. Fomichenko T.G., Bgantseva I.V., Avdiyenko V.B., Solopov I.N. Differentiated Diagnostics and Assessment of Special Physical and Functional Fitness of Swimmers at Different Stages of Long-Term Sports Training. *Vestnik Sportivnoy Nauki* = Sports Science Bulletin. 2024;6:16-21 (In Russ.).
11. Khor'kova A.S., Adilev V.O. Some Physiological Changes in the Body during Swimming and its Health-Improving Value. *Vestnik Yugorskogo Gosudarstvennogo Universiteta* = Bulletin of the Yugra State University. 2016;1;40:209-212 (In Russ.).
12. Usmanova V.N., Orlov A.V., Shamgunova G.M., Fomina Ye.B. *Plavaniye. Spetsificheskiye Osobennosti Vozdeystviya na Fiziologicheskkiye Funktsii Organizma* = Swimming. Specific Features of the Impact on the Physiological Functions of the Body. Kazan, Kazanskiy Federal'nyy Uni-

- versitet Publ., 2015. 30 p. (In Russ.).
13. Baldari C., Fernandes R.J., Meucci M., Ribeiro J., Vilas-Boas J.P., Guidetti L. Is the New AquaTrainer® Snorkel Valid for VO₂ Assessment in Swimming? Int J Sports Med. 2013 Apr;34:4:336-44.
14. Barrero A., Chaverri D., Erola P., Iglesias X., Rodriguez F. Intensity Profile during an Ultra-endurance Triathlon in Relation to Testing and Performance. Int J Sports Med. 2014;35;11:935-41.
15. Corry I., Powers N. Maximal Aerobic Power Measurement in Runners and Swimmers. Br J Sports Med. 1982;Sep;16;3:154-60.
16. Cortesi M., Gatta G., Swaine I., Zamparo P., Konstantaki M. Laboratory-Based Ergometry for Swimmers: a Narrative Review. J Sports Med Phys Fitness. 2019;59;1:11-21.
17. de Haan M., Van der Zwaard S., Schreven S., Beek P.J., Jaspers R. Determining V O₂max in Competitive Swimmers: Comparing the Validity and Reliability of Cycling, arm Cranking, Ergometer Swimming, and Tethered Swimming. J Sci Med Sport. 2024;27;7:499-506.
18. Gayda M., Bosquet L., Juneau M., Guiraud T., Lambert J., Nigam A. Comparison of Gas Exchange Data using the Aquatrainer System and the Facemask with Cosmed K4b2 during Exercise in Healthy Subjects. Eur J Appl Physiol. 2010 May;109;2:191-9.
19. Kimura Y., Yeater R.A., Martin R.B. Simulated Swimming: a Useful Tool for Evaluation the VO₂ Max of Swimmers in the Laboratory. Br J Sports Med. 1990 Sep;24;3:201-6.
20. Maconyte V., Stasiule L., Juodsnukis A., Zuoziene I.J., Stasiulis A. Aerobic Capacity in Swimming, Cycling and Arm Cranking in Swimmers Aged 11-13 Years. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2024 Oct 1;16;1:208.
21. Maglischo E.W. Swimming Fastest. Champaign. Human Kinetics, 2003. 791 p.
22. Obert P., Falgairrette G., Bedu M., Coudert J. Bioenergetic Characteristics of Swimmers Determined during an Arm-Ergometer Test and during Swimming. Int J Sports Med. 1992 May;13;4:298-303.
23. Reis V.M., Marinho D.A., Policarpo F.B., Carneiro A.L., Baldari C., Silva A.J. Examining the Accumulated Oxygen Deficit Method in front Crawl Swimming. Int J Sports Med. 2010 Jun;31;6:421-7.
24. Ribeiro J., Figueiredo P., Sousa A., et al. V O₂ Kinetics and Metabolic Contributions during Full and Upper Body Extreme Swimming Intensity. European Journal of Applied Physiology. 2015;115:1117-1124.
25. Roels B., Schmitt L., Libicz S., Bentley D., Richalet J.P., Millet G. Specificity of V O₂ Max and the Ventilatory Threshold in Free Swimming and Cycle Ergometry: Comparison between Triathletes and Swimmers. British Journal of Sports Medicine. 2005;12:39.
26. Vaneckova J., Kabešová H. Comparison of Muscle Activity during Swimming and on the Biokinetic Simulator. Physical Activity Review. 2022;10:107-118.
27. Zacca R., de Souza Castro F.A., Monteiro A.S. Pyne D.B., Vilas-Boas J.P., Fernandes R.J. Swimming with the COSMED AquaTrainer and K5 Wearable Metabolic System in Breath-by-Breath Mode: Accuracy, Precision, and Repeatability. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2023;18;10:1152-1160.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 28.06.2025. **Принята к публикации:** 30.07.2025.

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

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 28.06.2025. **Accepted for publication:** 30.07.2025