

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ТУРИЗМА»**

НОВОЕ В СИСТЕМЕ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ В ПЛАВАНИИ: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ.

Выпуск 27

Методическое пособие

**Краснодар
КГУФКСТ
2023**

УДК 797.21(072)
ББК 75.715.7я73
Н74

Печатается по решению редакционного совета
Кубанского государственного университета физической культуры,
спорта и туризма

Рецензенты: **А.В. Аришин**, кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой теории и методики водных видов спорта, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, г. Краснодар;
Д.А. Совмиз, Вице-президент ККОО «Спортивная федерация плавания», г. Краснодар.

Авторы-составители: доктор педагогических наук, профессор **А.И. Погребной**
кандидат педагогических наук **И.О. Комлев**
переводчик: **Е.В. Литвишко**

Н74 **Новое в системе спортивной подготовки в плавании: зарубежный опыт. Выпуск 27:** методическое пособие / авт.-сост. А.И. Погребной, И.О. Комлев; переводчик: Е.В. Литвишко – Краснодар: КГУФКСТ, 2023. – 120 с.

В методическом пособии раскрываются приоритетные направления зарубежных исследований, отражающих современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в плавании.

Научно-методическое пособие содержит переведенные и научно отредактированные материалы зарубежной периодической печати, включающие таблицы, схемы и иллюстрации. Рекомендуются тренерам, специалистам по физической культуре и спорту, преподавателям, студентам, магистрантам и аспирантам вузов физической культуры.

УДК 797.21(072)
ББК 75.715.7я73

© КГУФКСТ, 2023
© Погребной А.И., Комлев И.О.,
составление, 2023
© Литвишко Е.В., перевод на русский язык, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
Введение.....	5
1. Современные аспекты силовой подготовки в плавании	6
2. Актуальные направления совершенствования тренировочного процесса в плавании	35
3. Современные аспекты технической подготовки в плавании.....	52
4. Медико-биологические аспекты в плавании	84
5. Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в плавании.....	87
Список использованных источников.....	108

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем методическом пособии использованы результаты НИОКР «Разработка научно-методических материалов по совершенствованию подготовки спортсменов высокого класса в летних циклических видах спорта (по результатам зарубежных научных исследований)» (2 этап – Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокой квалификации в летних циклических видах спорта по результатам зарубежных научных исследований) выполненной в соответствии с государственным заданием Министерства спорта Российской Федерации ФГБОУ ВО «Кубанскому государственному университету физической культуры, спорта и туризма» № 777-00016-23-03 на 2023 год.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается тенденция к расширению и углублению поля знаний в области спорта высших достижений, движущей силой которой является использование инновационных наукоемких направлений в физиологии, биологии, биохимии, генетике, фармакологии, психологии, информатики и многих других отраслей науки. Зарубежные исследователи имеют доступ к большим материально-техническим ресурсам, современному наукоемкому исследовательскому оборудованию и высокоэффективным компьютерным и информационным технологиям. В результате ими получен обширный научный материал по различным вопросам подготовки спортсменов, в том числе в летних циклических видах спорта.

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2025 г. сфера физической культуры и спорта определена с точки зрения социально-экономического развития как ключевой аспект сохранения и приумножения человеческого потенциала.

В Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года отмечается необходимость современного научно-методического, медицинского обеспечения спортивной подготовки, создания информационной системы, обеспечивающей сбор, анализ и распространение в субъектах Российской Федерации передового опыта и практик развития физической культуры и спорта.

Таким образом, для достижения цели и решения задач Стратегии, а также с учетом национальных целей, определенных Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», сформированы приоритетные направления развития научного обеспечения физической культуры, спорта и спортивной медицины с учетом тенденций развития мирового спорта, новых возможностей науки и цифровых технологий.

1. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ В ПЛАВАНИИ

Повышение результативности в современном спортивном плавании неразрывно связано с развитием и совершенствованием физической подготовленности и лежащих в ее основе физиологических и биохимических показателей пловцов [1-3]. На физиологическом уровне проявление силы осуществляется посредством механического напряжения мышечных волокон в ответ на нервный импульс, что вызывает сокращения в группах мышц, вовлеченных в выполняемое действие [4]. При этом высокий уровень силовой подготовленности пловцов и мышечной мощности играет очень важную роль в результативности соревновательной деятельности пловцов высокого класса [5], [6]. Поэтому силовая подготовка является важным компонентом тренировочного процесса пловцов регионального, национального и международного уровней [7].

Основные задачи применения силовых тренировок в практике спортивной подготовки современных пловцов заключаются в поддержании высокого уровня функциональной готовности мышечной (активной) и скелетной (пассивной) систем опорно-двигательного аппарата, а также центрального и периферийного отделов нервной системы спортсмена, что обуславливает целевое развитие его силовых качеств (максимальной силы мышц, скорости развития силы, силовой выносливости), и как результат, повышение результативности соревновательной деятельности [8].

Wirth, K. с соавт. [8] указывают, что силовая подготовленность характеризует величину адаптационных процессов на уровне центральной нервной системы, связанных с способностью полной активации большей части мотонейронов в течение короткого промежутка времени, а также величину морфологических адаптационных процессов, происходящих в организме спортсмена в результате проведения долгосрочных тренировок. Подобные адаптационные изменения являются следствием применения тренировочных

нагрузок высокой и максимальной интенсивности (1RM). Keiner с соав. [9] выявили взаимосвязь между максимальной интенсивностью нагрузки (1RM) и эффективностью спринтерского плавания. Преимущественное использование нагрузок низкой интенсивности снижает уровень активации мышц, доминирующее анаэробное энергообеспечение и, соответственно, вклад силовых тренировок в физическую работоспособность и результативность соревновательной деятельности пловцов. При этом важно отметить, что в начале силовой подготовки нагрузки даже менее 50-60% от максимальной (1RM) являются достаточно эффективны в течение нескольких месяцев. В данном случае обеспечиваются аэробные метаболические механизмы, которые не вызывают нейромышечных и морфологических адаптационных изменений в организме, характерных для долгосрочного проведения силовых тренировок. [10]. В долгосрочной перспективе применение уровней интенсивности нагрузки менее 75-80% 1 RM не будет приводить к дальнейшему повышению активации нервно-мышечной системы и развитию необходимых адаптаций [8].

С биомеханической точки зрения, увеличение скорости плавания может достигаться двумя способами: путем оптимизации частоты и/или длины гребковых циклов. Увеличения длины гребкового цикла можно достичь, во-первых, путем уменьшения силы торможения (снижение сопротивления воды) и, во-вторых, с помощью увеличения движущих (пропульсивных) сил. Именно силовая подготовка позволяет оптимизировать показатели частоты и длины гребковых циклов благодаря увеличению движущей (пропульсивной) силы мышц. Увеличение общего импульса силы, за счет усиления отдельных импульсов, приводит к увеличению скорости движения пловцов [8].

Это особенно актуально в плавании на короткие дистанции, в котором результативность напрямую зависит от характеристик силы и мощности гребковых движений, которые спортсмен способен развить во время перемещения в воде. Анаэробный режим работы и высокие требования к уровню силовой подготовленности для пловцов-спринтеров обуславливают необходимость проведения интенсивных силовых тренировок вне бассейна (в тренажерном зале) [6].

Силовая подготовленность пловцов также оказывает большое влияние на эффективность отталкивания во время стартов и поворотов, биомеханику выполнения гребков и скорость плавания. В этой связи Price T.V.C. с соав. указывают, что мощность мышц ног и силу хвата оказывает влияние на эффективность плавания юных пловцов [6].

Уровень эффективности плавания помимо показателей максимальной силы также определяется и взрывной силой [6]. Взрывная сила представляет собой решающий фактор, определяющий эффективность при выполнении движений продолжительностью менее 250 мс. При этом в плавании скорость развития силы играет второстепенную роль, поскольку угловые скорости движений в плечевом суставе не велики и составляют 240–300°/с, также довольно низкая угловая скорость в начале движения подтягивания при выполнении гребка сочетается с более низкими показателями силы по сравнению с более поздними частями данного движения, а продолжительность пропульсивной (тяговой) фазы гребка при высоких скоростях плавания составляет около 400-600 мс.

Таким образом, при увеличении времени для силовой фазы движения возрастает роль максимальной силы в качестве фактора, определяющего эффективность плавания.

Вместе с тем быстрое развитие силы является важным компонентом при выполнении стартов и поворотов, силовые тренировки для нижних конечностей должны быть направлены на активацию максимально возможного количество мотонейронов в течение как можно более короткого времени.

Необходимо отметить, что в современной литературе существует предположение о положительной зависимости между уровнем силовой подготовленности пловцов и результативностью плавания также и на средних и больших дистанциях (более 400 м). Ученые связывают это с большим количеством поворотов на более длинных дистанциях, эффективность выполнения которых зависит от максимальной силы мышц пловца [11-13].

Быстрый и мощный старт в плавании особенно важен на соревновательных дистанциях до 200 м [14, 15]. А большое количество

поворотов, выполняемых пловцами на длинных дистанциях (800 м и 1500 м) требует от спортсменов высокого уровня развития силовых способностей и силовой выносливости [11-13].

Скорость движений пловцов при выполнении старта составляет более $4,65 \pm 0,24$ м/с, а поворотов – $2,6 \pm 0,19$ м/с, что значительно превышает скорость во время дистанционного плавания ($1,78 \pm 0,06$ м/с). При этом в обоих случаях очень важную роль играет создание максимально возможного импульса силы мышц в течение короткого момента времени при разгибании нижних конечностей в коленных и тазобедренных суставах. Во время старта время отталкивания от стартовой тумбочки колеблется в пределах от 0,5 до 0,9 с (500-900 мс), в то время как время контакта со стенкой при выполнении поворотов составляет от 200 до 600 мс. Степень участия мышц ног и мышц разгибателей тазобедренного сустава при создании общего импульса силы зависит в первую очередь от положения тела пловца во время старта и поворота. Чем меньше величины углов коленного и тазобедренного суставов, тем больше расстояние ускорения и, таким образом, тем дольше время, в течение которого сила может прилагаться к стартовой тумбочке, а также к стенке бассейна во время выполнения поворотов для создания ускорения. Достаточная мышечная сила, а также более продолжительные периоды времени старта и поворота обеспечивают более высокие скорости при старте или отталкивании при повороте [8].

В настоящее время в научной литературе приведено описание силовой подготовки в плавании с применением:

- приспособлений, создающих дополнительное сопротивление в воде;
- тренажеров (биокинетические скамьи для плавания с внешним отягощением), имитирующих плавательные движения в условиях спортивного (тренажерного) зала;
- упражнений, выполняемых при низких уровнях сопротивления с большими количествами повторений.

При этом перечисленные группы средств используют в сочетании с низкой интенсивностью тренировочной нагрузки и большой длительностью

выполнения упражнений. Поэтому их классифицируют как тренировки выносливости. Большинство из применяемых при проведении научных исследований экспериментальных тренировок, направленных на увеличение максимальной силы, с одной стороны, и повышение эффективности плавания – с другой, представляют собой интенсивные тренировки выносливости, а не силовые тренировки [8].

Wirth K. с соав [8] отмечают, что попытки сделать силовые тренировки более специфичными для плавания также приводят лишь к имитации последовательности плавательных движений в условиях спортзала без учета внешних (физических) и внутренних (физиологических) процессов, происходящих в ходе реальных движений пловца в воде.

При этом следует иметь в виду, что имитационные силовые тренировки, выполняемые при обычном уровне сопротивления, могут только способствовать приблизительному воспроизведению условий данного движения, тогда как двигательные действия, совершаемые при более высоком внешнем отягощении, уже приводят к изменению кинематических и кинетических характеристик данного движения. Разработка и отбор эффективных специфических силовых упражнений в плавании является важной педагогической задачей, поскольку повышение эффективности выполнения отдельных упражнений общей физической подготовки (ОФП) в спортзале не всегда автоматически переносится на эффективность плавательных движений, особенно в спорте высших достижений. Однако, достаточно сложно добиться идентичного уровня активации нервно-мышечной системы при выполнении упражнений вне бассейна как при движении в воде. Это означает, что увеличение силовых показателей при выполнении одного упражнения в результате тренировочного воздействия для решения определенной двигательной задачи не обязательно будет присутствовать при выполнении другого упражнения, при котором задействуются те же самые мышцы. Поэтому необходимо стремиться, прежде всего, к сохранению стабильности биомеханических характеристик движений в ходе тренировочного процесса. В современной литературе содержится много свидетельств о незначительной

вероятности переноса более высокой эффективности выполнения упражнения в ходе силовой подготовки на результаты тестирования эффективности плавания, критерии выполнения которого не соответствуют данному упражнению [8]. Отсутствие данного переноса обусловлено, прежде всего, деятельностью ЦНС: так ученым не удалось обнаружить увеличение активации нейронов в ходе выполнения силовых упражнений с участием определенных мышц, которое наблюдалось при других условиях тестирования. Идентичного уровня участия нервно-мышечной системы при выполнении силовых упражнений и определенных движений в плавании достичь практически нереально, потому, что невозможно добиться полного соответствия кинематических (соотношение между дистанцией и временем), кинетических (соотношение между силой и временем) и ритмических характеристик движений, выполняемых в ходе силовых тренировок и во время плавания.

Это относится также и к плаванию с сопротивлением и работе с лопатками. При этом упражнения на скамье для плавания или с применением тросов и даже плавание с лопатками не являются специфическими формами силовых тренировок, поскольку ни характер иннервации, ни кинетические или кинематические аспекты движений, выполняемых с помощью данных тренировочных устройств, не соответствуют наблюдаемым во время плавания. Скамья для плавания не позволяет точно воспроизвести реальные движения во время плавания, на которые оказывают влияние скольжение, силы сопротивления и использование нижних конечностей. При этом, работая на скамье, большинство пловцов стремятся к достижению максимально возможной мощности движений и используют другую технику выполнения гребков по сравнению с плавательными движениями в воде. Таким образом «специальные» или «полу-специальные» упражнения могут вызывать нежелательные изменения в технике плавания, которые могут препятствовать как приобретению, так и сохранению правильной техники. Упражнения, выполняемые на скамье для плавания, могут рассматриваться как упражнения по развитию силовой выносливости.

Отдельно необходимо остановиться на использовании изометрических силовых упражнений. В первую очередь возникают объективные трудности, связанные с сопоставлением результатов измерения максимальной изометрической силы и динамической силы при плавании в воде, что приводит к статистически значимой недооценке реального изменения максимальной силы[8]. При этом показатели изометрической силы, не проявляют корреляционных взаимосвязей с эффективностью плавания, поэтому динамическая сила является более важным показателем пловцов, учитывая естественный характер сокращений мышц во время плавания [6].

Поскольку выполняемые вне бассейна упражнения не могут в точности воспроизводить специфические нервно-мышечные паттерны движений в плавании, то лучшим способом развития специальной силы является работа над ней во время тренировок по плаванию. Вместе с тем отбор общих силовых упражнений в тренажерном зале должен быть ориентирован только на обеспечение долгосрочного эффективного повышения силового потенциала спортсменов. Поэтому может потребоваться некоторое время, для того чтобы приобретенный уровень силовой подготовленности обеспечил повышение эффективности плавательных движений. Поэтому проведение тестирования сразу после выполнения блока силовых тренировок не обеспечивает получения достоверной информации о том, привели ли данные силовые тренировки к повышению результативности плавания [8].

Методический подход к разработке программ силовой подготовки в современном спортивном плавании должен учитывать следующие основные аспекты:

- особенности морфологических (и функциональных) адаптации в организме спортсмена;
- оптимальные средства и методы развития силы и мощности мышц пловцов;
- снижение риска травматизма в плавании [8].

Особенности морфологических (и функциональных) адаптаций в организме спортсмена, включающие общую массу мышц пловца и механизмы

их активация центральной нервной системой, являются базовыми характеристиками развития силовых качеств (рисунок 1). При этом вначале необходимо проведение тренировок, направленных на увеличение массы мышц и их поперечника (гипертрофия мышц) и лишь после этого приступать к тренировкам максимальной силы. Данный тренировочный метод предусматривает применение нагрузок от средней до высокой интенсивности в сочетании с высоким объемом. Подобные тренировочные нагрузки (механические стимулы) необходимы для создания высокого напряжения на уровне мышечных волокон, приводящего к микротравматическому повреждению тканей. При проведении силовых тренировок особое внимание уделяется эксцентрической фазе движения, которая характеризуется сравнительно низким расходом энергии, но очень высоким механическим стимулом по сравнению с концентрической фазой движения.

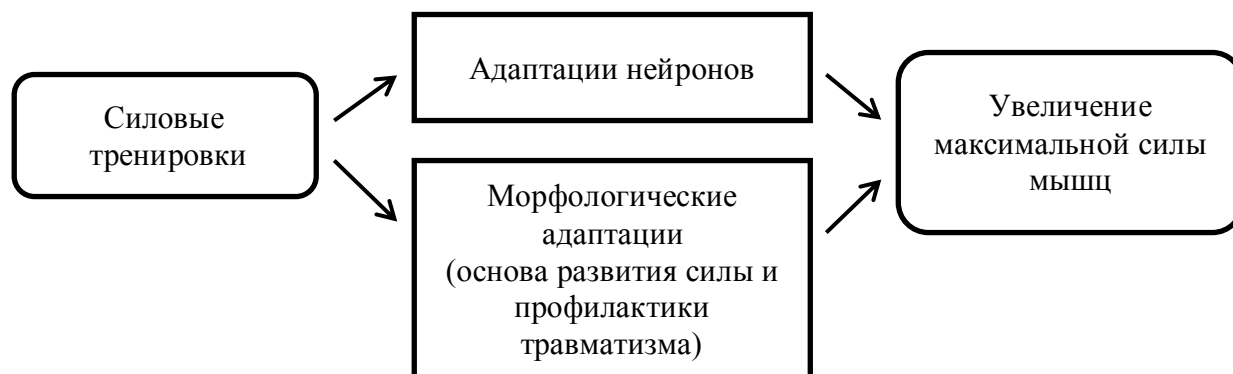


Рисунок 1. Схема развития максимальной силы мышц [8]

Интенсивность нагрузок ниже 60% 1RM является недостаточной для развития необходимых морфологических (и функциональных) адаптаций нервно-мышечной системы организма пловца. При этом сообщения о возможной чрезмерной гипертрофии мышц с учетом высокого общего тренировочного объема в плавании можно считать необоснованными. График тренировочных занятий пловцов составлен таким образом, что большую часть времени они посвящают тренировкам в бассейне, сочетающих техническую подготовку с высоким объемом упражнений на выносливость, а силовую подготовки большого объема, обеспечивающую значительный прирост

мышечной массы, просто нет возможности реализовать полностью. При этом конфликтующие друг с другом воздействия (сила и выносливость) также будут ограничивать мышечную гипертрофию. Необходимо отметить, что в современных научных источниках отсутствуют убедительные доказательства отрицательного влияния повышенной мышечной массы на положение тела пловца в воде, силу гидродинамического сопротивления, а также на эффективность плавания. Вместе с тем увеличение объема мышц позволяет увеличить импульс движущей силы, например, в спортивном плавании мужчины плавают быстрее женщин, несмотря на то, что их мышечная масса больше. При этом с увеличением соревновательной дистанции повышается негативное влияние большой массы тела на эффективность плавания [8, 16].

Тренировки, направленные на увеличение мышечной массы обычно проводят два-три раза в неделю, при этом нагрузка должна увеличиваться с ростом квалификации пловца. Такие нагрузки сопровождаются большим напряжением ЦНС и мышечной утомляемостью, вызванной метаболическим стрессом, поэтому сразу после них не рекомендуется планировать проведение тренировок в бассейне. Интенсивные силовые тренировки (наращивание мышечной массы) должны проводиться в период планирования тренировок по плаванию с нагрузками средней интенсивности.

Оптимальные средства и методы развития силы и мощности мышц пловцов при силовой подготовки спортсмена должны включать нагрузки достаточно высокой интенсивности. Это играет чрезвычайно важную роль в формировании морфологических адаптаций и адаптаций центральной нервной системы, обеспечивающих практически полную активацию нервно-мышечной системы в течение короткого периода времени.

Для улучшения произвольной максимальной мышечной активности требуются тренировочные стимулы, обеспечивающие как можно более полную активацию большинства мотонейронов в случае необходимости. Для этого требуется интенсивность нагрузки выше 90% максимальной. Поскольку цель подобных тренировок заключается в улучшении нервно-мышечной

координации, упражнения должны выполняться в оптимальном состоянии, и влияние утомления должно быть сведено к минимуму. Интенсивность физических нагрузок не должна быть ниже 50–60% от максимальной силы даже у спортсменов, не обладающих опытом выполнения силовых тренировок. В долгосрочной перспективе рекомендуется применение интенсивности нагрузок более 75% от максимальной силы в целях обеспечения способности к дальнейшему развитию адаптаций[8]. При этом для развития максимальной силы проводятся тренировки с применением малого количества повторений высокоинтенсивных упражнений. Напротив, для развития мощности применяются выполняемые с более высокой скоростью упражнения с более низкой интенсивностью нагрузки. Таким образом, тренировки силы фокусируются на подъеме максимально возможного веса при малом количестве повторений, в то время как во время тренировок мощности главное внимание уделяется как можно более высокой скорости перемещении более легкого веса [16].

Необходимо учитывать, что большое количество существующих методик проведения силовых тренировок в плавании, по сути, представляют собой различные варианты развития силовой выносливости и профилактики травматизма, включающих упражнения низкой интенсивности нагрузок и большого числа повторений или интенсивных интервальные упражнения (например, тренировки с отягощением с применением лопаток для плавания или применение специальной плавательной скамьи). Применение таких методов проведения тренировок силовой выносливости, особенно в долгосрочной перспективе, не стимулирует развития специальных физиологических перестроек в организме спортсмена, на развитие которых направлены обычные силовые тренировки с отягощением в тренажерном зале. При длительном применении тренировок силовой выносливости происходит только изменение обмена веществ. Например, если спортсмен, обладающий высоким уровнем силовой подготовленности начнет выполнять тренировки силовой выносливости, то через несколько недель у него будет наблюдаться

ухудшение результатов плавания. Важно учитывать, что адаптационные изменения в организме, возникающие в результате тренировок силовой выносливости, в достаточной степени формируются уже в ходе специальных тренировок по плаванию.

При подборе средств силовой подготовки пловцов необходимо отдавать предпочтение классическим силовым упражнениям (приседания со штангой на плечах, жим штанги лежа на скамье, тяга верхнего блока и т.п.). Они наиболее эффективны для развития максимальной силы и увеличения массы мышц (рисунок 2).

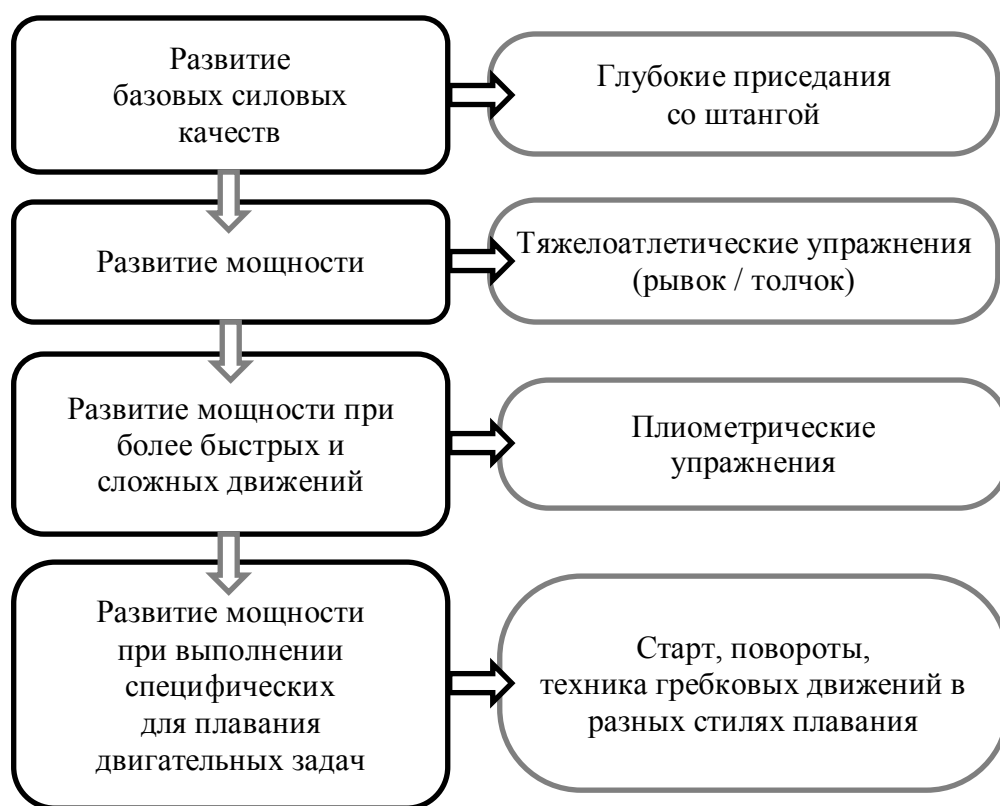


Рисунок 2. Примерный образец выбора силовых упражнений в плавании [8]

AmaraS. с соав. [4] выделяют жим штанги лежа на скамье как очень важное упражнение, которое способствует увеличению силы верхней части тела и, в конечном итоге, повышению эффективности плавания. Главные мышцы, участвующие при выполнении этого упражнения (большая грудная мышца, трехглавая мышца плеча и дельтовидная мышца), активируются также во время плавания кролем [17, 18].

PriceT.V.C. с соав [6] также указывает на популярность таких упражнений, как жим штанги лежа на скамье, сгибание-разгибание рук из виса на перекладине, тяга на вертикальном блоке (верхняя тяга), а также движений, в которых участвуют широчайшая мышца спины, грудные мышцы и трицепсы, которые доминируют среди мышц, активируемых при выполнении движений рук в плавании вольным стилем. При этом результаты выполнения неспецифических для плавания упражнений, таких как упражнения на силу хвата, приседание со штангой на плечах и броски медицинского мяча проявляли корреляцию с показателями эффективности плавания.

Биомеханика прыжка вверх с приседом (CMJ) и прыжка из приседа (SJ) сходна с движениями ног во время выполнения старта и поворота в плавании, что обуславливает включение данных упражнений в программы силовых плиометрических тренировок для повышению эффективности старта и поворотов в плавании в соответствии с принципом динамического соответствия. При этом дополнительное отягощение во время прыжков позволяет еще более повысить их эффективность. [6]

Силовая подготовка в спортивном плавании не должна строиться как изолированный процесс. Оптимальным считается включение в тренировочную программу пловцов комбинации различных тренировок силы и выносливости, при этом необходимо учитывать взаимное влияние данных типов тренировок и на результативность плавания. Несмотря на то, что традиционное проведение тренировок силы и выносливости создает противоречащие друг другу стимулы для формирования различных механизмов адаптации в организме спортсменов, современные исследования в других циклических видах спорта на выносливость свидетельствуют о том, что силовые тренировки могут успешно применяться для повышения эффективности спортивной деятельности, совместно с проведением высокообъемных тренировок выносливости. При этом Wirth, K. с соавт. [8] указывают, что преимущественное использование высоких объемов тренировок выносливости больше не соответствует современным тенденциям развития циклических видов спорта, в частности

плавания. Вместе с тем большой объем тренировочных нагрузок, который может достигать 110 км в неделю, все еще является обычной практикой подготовки в некоторых национальных сборных командах по плаванию. Применение подобного подхода нуждается в широкой дискуссии, поскольку в нем не учитываются метаболические потребности пловцов, соревнующихся на разных дистанциях. Например, в плавании на дистанции до 200 м важную роль играют анаэробные системы энергообеспечения.

Первоначальная цель проведения силовых тренировок заключается, прежде всего, в переносе вновь выработанных способностей к созданию импульсов силы в условия плавания в воде. Наиболее эффективный перенос навыков и умений происходит в процессе практической работы над ними. Использование приобретенных силовых способностей во время выполнения плавательных движений сравнительно легко реализуется при низком уровне квалификации спортсменов. Однако по мере роста квалификации пловцов увеличение максимальной силы не приводит автоматически к улучшению результативности плавания. При этом особое внимание следует уделять выполнению стартов и поворотов независимо от остальных тренировок по плаванию. Максимальная сила мышц является основой для развития мощности, необходимой для выполнения стартов и поворотов и дистанционного плавания. Достигнутое в ходе проведения силовых тренировок улучшение силы и мощности должно быть перенесено на дистанционное плавание и на выполнение стартов и поворотов. Другими словами, достигнутый уровень силовой подготовленности в первую очередь должен быть направлен на повышение эффективности выполнения реальных двигательных задач во время заплыва.

Для сокращения времени контакта со стенкой бассейна во время толчковых действий при выполнении стартов и поворотов, тренеры должны включать в свои планы тренировки по совершенствованию быстрого разгибания ног, в фокусе внимания которых находится преодоление нагрузки средней интенсивности, приводящее к развитию пиковой мощности [16]. Также

наблюдалось улучшение эффективности выполнения поворотов и подводной фазы плавания после разминки, в которую были включены высокоинтенсивные силовые упражнения с сопротивлением (работа над развитием силы) с применением метода постактивационного улучшения результатов (постактивационной потенциации) [19].

Кроме того, при выполнении поворота контроль положения тела зависит от стабильного состояния мышц туловища, которая достигается путем выполнения упражнений, включая полное приседание со штангой на спине и изометрические упражнения, такие как передняя и боковая «планка» [20, 21].

Эффективность силовой подготовки в плавании в большей степени зависит от своевременного начала применения силовых упражнений в процессе многолетней подготовки спортсменов высокого уровня квалификации. По некоторым данным объем тренировок по плаванию не должен превышать 5000 м в день, чтобы тренировки выносливости не вызывали снижения полезного эффекта от применения силовых тренировок. Силовые тренировки следует начинать уже с детства или юности, поскольку от этого сильно зависит, в какой степени этот компонент общей физической подготовки сможет повлиять на тренировки других навыков и умений в последующие годы. Тренировки силы и мощности должны всегда проводиться параллельно с тренировками по плаванию на протяжении всего сезона.

Увеличение общей движущей силы обеспечивается увеличением импульса каждого отдельного движения верхними и нижними конечностями и связано с показателями максимальной силы мышц спортсмена. Учитывая это, при повторных циклических нагрузках в течение определенного периода времени, необходимо обеспечивать как можно меньшее снижение импульса силы. Для этого рекомендуется проведение тренировок, имитирующих соревновательные условия, с целью активации специфических метаболических процессов в организме для развития «силовой выносливости».

Проведение силовых тренировок небольшой интенсивности с большим количеством повторений (силовая выносливость) также может быть обосновано

для спортсменов с низким уровнем силовой подготовленности, которые за короткий период времени могут повысить частоту гребков для обеспечения эффективной работы ногами, при которой частота ударов ногами превышает 120 циклов в минуту. Вместе с тем для пловцов с более высоким уровнем подготовленности первостепенную роль играет увеличение максимальной силы, обеспечивающей поддержание эффективной частоты гребков в течение более продолжительного времени и увеличение длины «шага» (расстояния, преодолеваемого за один гребок).

Только постоянное применение силовых тренировок может оказать положительное влияние на эффективность плавания в долгосрочной перспективе. При этом следует обращать особое внимание на отрицательное влияние ориентированных на увеличение объема тренировок по плаванию на развитие силы и мощности [8].

Применение дополнительных традиционных программ силовых тренировок, в фокусе внимания которой находится развитие силы спортсменов, способствует улучшению общей физической подготовленности, биомеханических характеристик и спортивного результата пловцов. В современной научной литературе описаны следующие направления содержания силовой подготовки, обеспечивающие повышение уровня физической подготовленности пловцов и, соответственно, результативность их соревновательной деятельности (таблица 1) [22]:

- традиционные силовые тренировки с отягощением;
- тренировки, основанные на применении плиометрических упражнений;
- баллистические тренировки;
- тренировки, включающие упражнения для укрепления мышц туловища (core).

Таблица 1 – Современные тенденции совершенствования силовой подготовки в плавании [2-5, 16, 17, 21, 22, 25-34]

Тренировочная программа 1	Результаты 2
8-недельная программа силовых тренировок в комбинации со специальными тренировками в бассейне (1 экспериментальная силовую тренировку в неделю, сочетающая плиометрические и традиционных упражнения). Упражнения: глубокие приседания со штангой на плечах; прыжок вверх с приседом («countermovement jump» (CMJ)); бросок медицинского мяча; подтягивания на перекладине; подъем рук с гантелями через стороны; упражнения для трицепсов и плечевого пояса. 3-5 подходов с 6-12 повторениями при 60-80% 1RM, интервал отдыха между подходами 3-4 минуты.	Повышение эффективности плавания у спортсменов из экспериментальных групп по сравнению с контрольной. Пловцы из экспериментальной группы улучшили показатели результативности на спринтерских дистанциях, частоты гребков и индекса гребка. В обеих группах были увеличены показатели силы, но степень их увеличения была выше в экспериментальной группе.
8-недельная программа плиометрических тренировок (2 тренировки в неделю, продолжительностью 25-30 минут). Упражнения: прыжок вверх с приседом (CMJ); прыжки на носках с перемещением вперед на прямых ногах (bilateralanklejumps) для укрепления голеностопов. 4-6 подходов с 6-10 повторениями, интервал отдыха подходами 90 секунд.	Повышение эффективности выполнения прыжка вверх с приседом (CMJ) и прыжок вверх из приседа («squat jump» (SJ)), а также результатов плавательных тестов бассейне.
Две 10-недельные программы тренировок на силу, баланс и выносливость мышц вращающих плечо (каждая по 3 тренировки в неделю). Первая программа проводилась в зале. Упражнения выполнялись с эластичными резиновыми лентами (фитнес-лент). Упражнения: отведения рук на 50-60° от туловища; отведения рук на 160° от туловища; вращения плеч наружу на 90° с согнутыми в локтях руками и отведенными на 90° от туловища. 3 подхода с 30-секундными интервал отдыха между ними: первые два подхода – 20 повторений, последний подход – до отказа. Вторая программа проводилась в воде. Упражнения: вращения плеч наружу с согнутыми в локтях руками под углом 90° с закрепленными на запястьях эластичными лентами; такое же упражнение, но с лопатками для плавания, размещенных на тыльной стороне кисти (без эластичной ленты); то же самое упражнение без дополнительных средств. 3-5 подходов по 30-45 секунд, интервал между подходами 10 секунд, интервал отдыха между отдельными упражнениями – 2 минуты.	Программа тренировок в зале позволила повысить эффективность плавания, за счет снижения дисбаланса между внутренними и наружными мышцами, вращающими плечо (ротаторами), и утомления мышц и повышения их выносливости.

Продолжение таблицы 1

1	2
20-недельная комбинированная программа силовых и плиометрических тренировок. Два 9-недельных цикла с одной неделей восстановления между ними (2 тренировки в неделю по 60-70 минут). Упражнения: приседания со штангой на плечах; прыжок из приседа (SJ); прыжок вверх с приседом (CMJ); жим штанги лежа на скамье; подтягивания на перекладине; жим от плеч. 3-4 подхода по 3-10 повторениями.	Экспериментальная программа позволила повысить показатели силы, мощности и результативности плавания.
Две 12-недельных программы силовых тренировок по 3 тренировки в неделю. Первая экспериментальная программа предусматривала работу на эргометре. 10 подходов по 30 секунд активной работы с 30-секундными интервалами отдыха между подходами. Вторая программа состояла из традиционных силовых упражнений.	Обе программы силовой подготовки позволили улучшить показатели силовой подготовленности и эффективности плавания. При этом пловцы, выполнявшие эргометрическую программу специальных силовых тренировок продемонстрировали более высокую степень их улучшения.
34-недельная программа силовых тренировок по 3 тренировки в неделю, включающая упражнения для мышц туловища (core) в комбинации с традиционными силовыми тренировками. Первые 20 недель – выполнялось 6 упражнений, каждое из которых включало 2 подхода по 20 секунд. Упражнения: подъем туловища к согнутым ногам из положения лежа; сгибание-разгибание рук из положения упор лежа; приседания; прыжки вверх; «берпи»; «альпинист» (поочередное сгибание-разгибание ног в положении упор лежа). Следующие 14 недель каждое упражнение включало 2 подхода 30 секунд. Упражнения: использовались те же 6 упражнений; а также добавлены сгибание-разгибание рук из положения упор лежа с фокусом внимания на трицепсах; упражнения с эластичной лентой (для верхней части тела).	Экспериментальная программа позволила улучшить большинство показателей плавания по сравнению с традиционной программой тренировок на воде. При этом отмечалось повышение биомеханические показатели и показателя размах рук пловцов, который служит одним из факторов, определяющих эффективность плавания у юных спортсменов

Продолжение таблицы 1

1	2
Две экспериментальные 6-недельные программы силовых тренировок (по две 30-минутные тренировки в неделю). Обе программы включали одинаковые упражнения (традиционные силовые, для мышц туловища и плиометрические): броски медицинского мяча; прыжок вверх с приседом (СМЖ) на тумбу; выпады с гантелями; скручивания туловища из положения сидя с приподнятыми ногами (23ussiantwists); сгибание-разгибание рук из положения упор лежа. Первая программа была направлена на развитии силы мышц (каждое из упражнений выполнялось в 3 подхода с 6-18 повторениями). Вторая программы была направлена на развитие взрывной силы (каждое из упражнений выполнялось в 3 подхода по 10-25 секунд).	Программа, направленная на развитие взрывной силы, оказывала большее влияние на эффективность плавания. Причиной этого является отсутствие акцента на скорости выполнения упражнений в другой программе силовой подготовке, что, в свою очередь, не привело к повышению мощности, которая определяет результативностью плавания на короткие дистанции.
4-недельная программа тренировок в зале на эргометре с инерционной блочной системой (3 тренировок в неделю). Упражнения выполнялось пловцом лежа лицом вниз на скамье и включало полное разгибание предплечий из положения в 90°, что способствовало укреплению мускулатуры задней поверхности плеча. 4 подхода продолжительностью 15 секунд с 60-секундными интервалами отдыха между ними.	Экспериментальная программа позволила пловцам улучшить эффективность плавания. При этом ключевым фактором продолжительность тренировочной программы, которая должна выполняться на протяжении нескольких недель, чтобы вызвать необходимые адаптационные изменения в организме спортсменов.
Экспериментальные тренировки проводились в двух группах. Во время первой тренировки пловцы из ЭГ выполняли динамическую растяжку, за которыми следовало упражнение тяга из-за головы прямыми руками («pull-over») (1 подход из 3 повторений при 85% 1RM), затем проводился заплыв кролем на 15 м с применением системы блоков с нагрузкой, устанавливаемой в пределах диапазона мощности каждого пловца. Пловцы из КГ выполняли только плавание на привязи. Во время следующей тренировки члены каждой группы выполняли упражнения, применяемые другой группой во время предыдущей тренировки.	Экспериментальные тренировки позволили повысить показатели силовых способностей пловцов и частоты гребковых движений, при этом снизились значения скорости плавания, ускорения и импульса силы, по сравнению с контрольной группой. Причина этого может заключаться в том, что силовая тренировка в определенной степени повлияла на биомеханику гребков, не оказав влияния на эффективность плавания.

Продолжение таблицы 1

1	2
Две 12-недельные программы силовых тренировок (3 тренировки в неделю по 80 минут каждая). Первая программа, направлена на развитие мышц туловища (core). Упражнения: первые 4 недели – укрепление стабильности кора (подъем таза из положения лежа на спине ноги согнуты в коленях («glute bridge»); планка; сгибание и разгибание рук из положения упор лежа; сгибание-разгибание до касания разноименных руки и ноги из положения упор на четвереньках («birddog»)), следующие 4 недели – повышение мощности мышц (становая тяга; приседания со штангой на плечах; гребля) и последние 4 недели – развитие силовой выносливости (толкание ногами медицинского мяча; тяга гантелей одной рукой; махи соединенными прямыми руками сверху-вниз по диагонали «лесоруб» («chops»)). Вторая программа – проведение традиционных силовых тренировок. Первые 2 недели – адаптации костно-мышечных тканей, следующие 4 недели – развитию максимальной силы и последние 6 недель – повышение мощности мышц. Упражнения: сгибание-разгибание рук из виса на перекладине до уровня груди; жим от плеч; тяга из-за головы прямыми руками («pull-over»); подъем туловища из положения лежа к согнутым ногам; растяжка поясницы; скручивания туловища из положения сидя с приподнятыми ногами (russiantwists); рывок штанги; ходьба со штангой над головой.	Было зарегистрировано улучшение всех параметров у членов группы, выполнявшей программу тренировок мышц Обе программы способствовали повышению результативности плавания, но положительное воздействие программы тренировок мышц туловища было выше по сравнению с традиционной программой. Укрепление мышц туловища обеспечило более высокую стабильность работы верхних и нижних конечностей, что способствовало более эффективному расходу энергии.
6-недельная программа тренировок мышц туловища (core) (3 тренировки в неделю по 25 минут). Упражнения: попеременные движения приподнятых прямых ног вверх-вниз из положения лежа на спине («flutterkicks»); одновременные подъемы туловища и одной из ног поочередно («singleleg V-ups»); растяжка туловища на фитболе; скручивания туловища из положения сидя с приподнятыми ногами (russiantwists). Каждое упражнение выполнялось в 4 подхода по 40 секунд, интервал отдыха 20 секунд между подходами.	Показатели эффективности плавания повысились у пловцов из экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой. Время проплывания 5 м после поворота улучшилось в ЭГ – на 26,0%, в КГ – на 13,5%, показатели средней скорости возросли в ЭГ – на 23,9%, в КГ – на 10,8%.

Продолжение таблицы 1

1	2
9-недельная программа комбинированных силовых тренировок в зале и тренировки силы и выносливости на воде). Работа в зале – 2 тренировки в неделю. Упражнения: жим штанги лежа на скамье с интенсивностью 60-80% 1RM; броски медицинского мяча 3-6 подходов по 6-12 повторений. Силовая работа в воде – 4 тренировок в неделю совместно с традиционными тренировками по плаванию, 2-3 подхода по 4 повторения по 15-25 м плавание с применением лопаток для плавания и парашюта. Интервал отдыха между повторениями 60-90 секунд, между подходами – 5 минут.	Данная программа способствовала повышению результативности плавания у пловцов по сравнению с традиционной программой тренировок по плаванию.
Три 9-недельных программы силовых тренировок: высокого, среднего и низкого объема (3 тренировки в неделю по 60-70 минут). Упражнения: жим штанги лежа на скамье и разгибание голени («leg extension»). Нагрузка 85-95% 1RM. Программа высокообъемных тренировок (5-6 подходов по 3-5 повторений) Программа тренировок среднего объема (4-5 подходов по 3-5 повторений) Программа низкообъемных тренировок (3-4 подхода по 3-5 повторений).	Программа высокообъемных тренировок (ЭГ1) способствовала достижению несколько более высокой результативности плавания по сравнению с двумя другими программами.
Экспериментальная силовая тренировка в зале продолжительностью 45 минут. Упражнения: жим штанги лежа на скамье (85% 1RM), гребля на эргометре (85% 1RM); полуприседание со штангой на плечах (сгибание в коленном суставе на 90°) (85%1RM); подъем туловища к согнутым ногам из положения лежа; растяжка поясницы. Первые три упражнения – 3 подхода по 5 повторений, интервал отдыха между подходами 4 минуты. Последние два упражнения – 5 подходов по 15 повторений, интервал отдыха между подходами 30 секунд.	После силовой тренировки на следующей тренировке в воде у пловцов из экспериментальной группы были зарегистрированы более высокие показатели частоты гребков, концентрации лактата в крови и восприятия интенсивности нагрузки, При этом скорость плавания в ЭГ и КГ была примерно одинаковой). После силовой тренировки у спортсменов из экспериментальной группы наблюдался более высокий стресс при аналогичных нагрузках, что позволяет проводить тренировки в условиях, связанных с развитием повышенного утомления/восприятия интенсивности нагрузки.

Продолжение таблицы 1

1	2
Две 6-недельные программы, состоящие всего из 11 тренировок продолжительностью 1 час. Первая программа (развитие максимальной силы мышц). Упражнения: становая тяга; приседание со штангой на плечах (сгибание в коленном суставе на 90°). 3-4 подхода по 2-6 повторениями, интервал отдыха между подходами 5 минут. Вторая программа (прыжковая подготовка) Упражнения: прыжка вверх с приседом (CMJ) на тумбу; и прыжок вверх из приседа (SJ) на тумбу. 7 подходов по 6-7 повторений, интервал отдыха между подходами и 2,5 минут.	Пловцы, выполнявшей тренировки по развитию максимальной силы, несколько улучшили показатели времени плавания.
Две 8-недельных программы силовых тренировок (2 тренировки в неделю). Первая программа (развитием горизонтальной силы). Упражнения: подъем таза со штангой из положения упор лежа спиной на скамью, ногами на пол («hip thrust»); горизонтальный прыжок с места; «толкание тележки (саней)»; спрыгивание с подскоком вверх («vertical drop jump»). 2-3 подхода по 3-8 повторений. Вторая программа (развитием вертикальной силы). Упражнения: приседание со штангой на плечах; прыжок вверх из приседа (SJ); приседание на одной ноге с опорой другой ногой на скамью сзади («Bulgarian squat»); спрыгивание с подскоком вверх («vertical drop jump»). 2-3 подхода с 3-8 повторениями	В ходе выполнения обеих программ были получены сходные результаты, которые свидетельствуют об отсутствии явного улучшения эффективности плавания. Это могло быть вызвано эффектом применения высокого объема тренировок по плаванию, которые не позволили спортсменам развить необходимый уровень адаптации в результате проведения силовых тренировок
8-недельная программа плиометрических тренировок (2 тренировки в неделю по 25-30 минут). Упражнения: прыжки на носках с перемещением вперед на прямых ногах (bilateralanklejumps) 4-6 подходов по 6-10 повторений, интервал отдых между подходами 90 секунд.	У пловцов из ЭГ, выполнявших плиометрические тренировки, наблюдалось улучшение показателей силы мышц и результативности плавания. При этом результаты ЭГ были ниже, чем в КГ.

Продолжение таблицы 1

27

1	2
Две 16-недельные программы силовых тренировок, адаптированные для пловцов-спринтеров и пловцов, специализирующихся на средних дистанциях. Во время первых 7 недель всеми участниками исследования выполнялась программа тренировок, на увеличение мышечной массы. Далее спортсмены были разделены на две группы, каждая из которых выполняла собственную тренировочную программу. Упражнения: полные приседания со штангой на плечах; становая тяга; сгибание-разгибание рук из виса на перекладине; жим штанги лежа на скамье; выпады; сгибание голеней; гребля; вращения в плечевом суставе; приведение рук, сгибание-разгибание из упора на брусьях или на скамье («dips»); , сгибание-разгибание рук из виса на перекладине, упражнения для мышц туловища; прыжок вверх из приседа (SJ); броски медицинского мяча; спринтерский заплыв на 10 м. Последние три упражнения выполнялись только группой, проводившей тренировки максимальной и взрывной силы. Первой программа (увеличение мышечной массы) 3 подхода по 6-10 повторений. Вторая программа (развитию максимальной и взрывной силы) 3 подхода по 3-4 повторения.	В результате выполнения программы развития максимальной и взрывной силы, улучшились показатели времени во время теста по плаванию. При этом программа увеличения мышечной масса будет более эффективной при более низких нагрузках, хотя данный эффект будет присутствовать только в тех случаях, когда исследуемые субъекты не обладают большим опытом выполнения силовых тренировок.
8-недельная программа развития мышц туловища (core), 3 тренировки в неделю. Упражнения на развитие мышц живота и поясничного отдела. 3-4 подхода по 15-20 повторениями, интервал отдыха между подходами 1-3 минутами.	Пловцы из экспериментальной группы, выполнявшей упражнения для развития мышц туловища улучшили показатели скорости плавания на дистанции 50 м кролем, на спине, брассом и баттерфляем по сравнению с контрольной группой.
6-недельные силовые и баллистические тренировки (по 3 тренировки в неделю) Силовые тренировки (СТ): Упражнения: жим штанги лежа на скамье; жим ногами; тяга на скамье; жим от плеч (от груди); сгибание-разгибание рук из виса на перекладине; приседания со штангой (интенсивность нагрузки: 85–90%1RM) 4-5 подходов по 5-8 повторений; интервал отдыха между подходами 3-4 мин. Баллистические тренировки (БТ): Упражнения: подъем штанги на грудь («Power cleans»); швунг жимовой (толчок от груди) («push press»); прыжки с приседанием; прыжки на тумбу; броски медицинских мячей. (интенсивность нагрузки: 80–100%1RM) 4-5 подходов по 3–5повторений; интервал отдыха между подходами 2-3 мин.	Как силовые, так и баллистические тренировки в зале улучшили показатели отталкивания при повороте в плавании. При этом в группе силовой подготовки показатели импульса отталкивания при повороте в воде улучшились на $0,7 \pm 0,11$ Н В группе баллистической подготовки повысились показатели относительной пиковой мощности отталкивания при повороте в воде (на $4,0 \pm 2,1$ Вт/кг), пиковая сила в прыжке с места (с нагрузкой на $195,0 \pm 122,8$ Н и без нагрузки на $155,0 \pm 152,3$ Н) и импульс в прыжке с места (без нагрузки) (на $2,9 \pm 2,1$ Н).

Продолжение таблицы 1

1	2
Плиометрические тренировки 8 недель ЭГ: 3 тренировки в неделю, 20 мин: запрыгивания на тумбу (30 см), прыжки со скакалкой (на двух ногах, с чередованием ног), различные прыжки через барьеры (тумбы), тройной прыжок и прыжок вверх по Абалакову	Максимальная дистанция проплывания до всплытия после отталкивания от стенки при повороте (м) увеличилась в ЭГ – на 14,9%, в КГ – на 4,1% Максимальная дистанция проплывания до всплытия после отталкивания от стенки при повороте после отрезка 25 м брассом в максимальном темпе увеличилась в ЭГ – на 22,7%, в КГ – на 11,0%
8-недельная программа силовых и плиометрических тренировок (3 тренировки в неделю по 90 мин), состоящих преимущественно из 8–10 упражнений по 1-2 подходам из 10–20 повторений. Упражнения: приседания с гантелью; приседания на одной ноге до касания скамьи; зашагивание на скамью; вращение булавы; попеременные движения приподнятых прямых ног вверх-вниз из положения лежа на спине на скамье («flutterkicks»); упражнения роликом с ручками для укрепления мышц живота; спрыгивание со скамьи с прыжком; броски медицинского мяча; приседание на одной ноге с опорой другой ногой на скамью сзади («Bulgarian squat»); подъем таза из положения лежа на спине ноги согнуты в коленях («glute bridge»); подъем прямых ног из положения лежа на спине; подъем ног из виса на перекладине; скручивания туловища с медицинским мячом из положения сидя с приподнятыми ногами (russiantwists); плиометрические прыжки; сгибание-разгибание прямых рук из виса на перекладине; подъем таза со штангой из положения упор спиной о скамью, ногами на пол («hip thrust»); упражнения с канатами (одной рукой, двумя руками); разгибание туловища лежа на фитболе; прыжки на тумбу; толчки медицинского мяча от груди. 1-2 подхода по 10-20 повторений	Дополнительные силовые тренировки в зале позволили повысить показатели плавания вольным стилем на 2,1% и плавания на спине на 0,5% по сравнению с тренировками только по плаванию.

Примечания

1 ЭГ – Экспериментальная группа.

2 КГ – Контрольная группа.

3 CMJ – Прыжок вверх с приседом («countermovement jump».

4 SJ – Прыжок вверх из приседа (squat jump).

Традиционные силовые тренировки должны применяться с достаточно высоким сопротивлением, при этом упражнения низкого объема (малое количество подходов и повторений) и высокой интенсивности (высокие показатели скорости/силы) (90-100% 1RM, 4-5 подходов по 1-6 повторений) более эффективны для развития силовых показателей и деятельности нервно-мышечной системы по сравнению с программами высокообъемных и низкоинтенсивных тренировок. В научной литературе имеются сведения, что 2-4 силовые тренировки продолжительностью 20-25 минут в неделю на протяжении 6-10-недельного позволяют увеличить импульс силы на 21% при отталкивании от стенки бассейна и улучшить время выполнения поворота до 4,5%. Вместе с тем увеличивается и время контакта со стенкой бассейна на 9,4%, в течении которого пловец может эффективнее применить силовое воздействие нижних конечностей [16].

Плиометрические тренировки относятся к одним из важнейших типов тренировок, проводимых пловцами за пределами бассейна [23]. Они, чаще всего, представляют собой прыжковые тренировки, основанные на применении ударного метода (взрывные, быстрые двигательные контакты с поверхностью). Их применение позволяет повысить силу и мощность мышц благодаря улучшению нейромышечных связей, включая повышение активации двигательных единиц (мотонейронов) и изменение их координации, степени вовлечения и частоты импульсов. Физиологические механизмы, развивающиеся в организме спортсменов в ходе проведения плиометрических упражнений сходны с такими механизмами при выполнении поворотов, которые обусловлены быстрым циклом «растяжения-сокращения», когда мышцы переключаются от быстрого эксцентрического действия (контакт и воздействие на стенку – уступающий режим) к концентрическому действию (отрыв от стенки – преодолевающий режим).

При этом проведение 3-4 плиометрических тренировок в неделю на протяжении от 6 до 10 недель является наиболее оптимальным вариантом. Например, по данным Hermosilla F. соав. [16] тренировочная 6-недельная

программа плиометрики (2-3 раза в неделю, 20-25 мин) обеспечила улучшение показателей скорости (на 5,4%) и ускорения (на 29%) во время фазы скольжения после выполнения поворота. Кроме того, пловцы могут также достигать более высоких скоростей скольжения и более низких показателей времени скольжения после отталкивания при одновременном снижении силы гидродинамического сопротивления [24].

Плиометрические тренировки легко интегрировать в программы проведения других регулярных тренировок, поскольку плиометрические тренировки не требуют приобретения дополнительного специального оборудования. Однако тренировки данного типа не могут заменить силовые тренировки и должны проводиться в дополнение к последним в зависимости от тренировочного цикла или сезонного плана [16].

Баллистические тренировки основаны на применении разнообразных метательных движений с отягощением для развития «взрывной» силы. При проведении баллистических тренировок следует использовать высокую интенсивность нагрузки (85-100% 1RM) в целях улучшения нервно-мышечной деятельности в мышцах-разгибателях. Данные тренировки позволяют повысить относительную пиковую мощность мышц до 6% и снизить время выполнения поворота до 8% [16].

Тренировки мышц туловища (core) представляют собой одну из распространенных практик, применяемых в спорте высших достижений. Данные тренировки включают упражнения, направленные на развитие мышц туловища, позволяющих поддерживать устойчивое положение тела пловца при плавании в водной среде [25]. При выполнении поворотов мышцы туловища также обеспечивают поддержание обтекаемого положения и соблюдение прямолинейной траектории движения для снижения активного гидродинамического сопротивления и увеличения скорости движения [16, 20, 21].

Имеющиеся сведения указывают на необходимость разграничения силовых тренировок и тренировки по плаванию в пределах тренировочных

микроциклов, подбирая упражнения таким образом, чтобы обеспечить охват всех групп мышц без применения высоких объемов тренировок во избежание возникновения состояния перетренированности у спортсменов, которое может привести к снижению эффективности плавания [22].

При планировании силовой подготовки пловцов необходимо учитывать тренировочную нагрузку, которая может быть подразделена на внешнюю и внутреннюю нагрузку, при этом показатели внешней нагрузки отражают объективные результаты измерения выполняемой спортсменом работы (напр., скорость, ускорение, объем, время тренировки, преодолеваемая дистанция или поднимаемый вес) [35]. С другой стороны, внутренняя тренировочная нагрузка определяется как физиологические и психологические относительные показатели стресса (факторы стресса или стрессоры), оказывающие воздействие на спортсмена во время тренировки или соревнования. Существуют различные методы измерения внутренней нагрузки, включая оценку индивидуального (субъективного) восприятия нагрузки (ОИВН – англ. RPE), оценку индивидуального восприятия нагрузки во время тренировки (ОИВН_т – англ. sRPE), тренировочный импульс (ТРИМП – англ. TRIMP), показатели частоты сердечных сокращений, концентрацию лактата в крови, потребление кислорода и/или психологические шкалы и опросники. Интенсивность силовых тренировок обычно определяется процентным соотношением от одноповторного максимума (% 1RM). При этом интенсивность тренировок максимальной силы в основном устанавливается на уровне от 80% до 100% 1RM. Также оценивается общий объем нагрузки, который определяется как количество подходов и повторений каждого упражнения, при этом разные протоколы проведения тренировок будут отличаться разным общим объемом нагрузки. Например, упражнение может состоять из 1-3 подходов и повторений, или трех подходов из шести повторений, или одинакового количества подходов при повышении количества повторений [4].

Для определения оптимального объема тренировочной нагрузки требуется тщательное планирование и мониторинг, чтобы предотвратить как

недотренированность, так и перетренированность, кроме того, необходимо поддерживать оптимальный баланс между тренировками и восстановлением в целях максимизации общей физической и специальной подготовки спортсменов. AmaraS. с соав. [4] проанализировали влияние силовых тренировок с высоким, средним и низким объемом нагрузки на результативность плавания (таблица 2).

Полученные авторами результаты свидетельствуют, что применение представленных тренировок максимальной силы (2-3 тренировки в неделю) пловцами мужского пола подросткового возраста позволили повысить результативность плавания и снизить риск получения травм. При этом для данной выборки пловцов минимальная доза тренировочной нагрузки низкого объема приводила к получению таких же результатов, как и применение тренировочных нагрузок среднего и высокого объемов. Поэтому рекомендуется применение низкообъемных тренировок максимальной силы для пловцов подросткового возраста с целью улучшения их физической подготовленности и результативности плавания [4].

При этом KuboK.с соав. [36] продемонстрировали, что 10-недельный период применения трех разных величин нагрузки в протоколах тренировок максимальной силы (большой объем нагрузки – меньшее количество повторений до отказа: 4ПМ за семь подходов; средний объем нагрузки – среднее количество повторений: 8ПМ за четыре подхода; меньший объем нагрузки – большее количество повторений: 12ПМ за три подхода) способствовал улучшению максимальной мышечной силы (26,6%, 27,8%, 17,9%, соответственно) при выполнении теста с применением жима штанги лежа на скамье взрослыми мужчинами ($19,5 \pm 24,0$ лет).

Таблица 2 –Тренировочная нагрузка во время силовых тренировок в плавании [4]

Период	Неделя (тренировки)	Упражнения	Объем тренировочной нагрузки		
			Высокий	Средний	Низкий
Период активного вмешательства	W1 (S1/S2/S3)	BP	5 × (5 × 85% 1RM)	4 × (4 × 85% 1RM)	4 × (3 × 85% 1RM)
		LE	5 × (5 × 85% 1RM)	4 × (4 × 85% 1RM)	4 × (3 × 85% 1RM)
	W2 (S4/S5/S6)	BP	5 × (4 × 90% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)	4 × (3 × 90% 1RM)
		LE	5 × (4 × 90% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)	4 × (3 × 90% 1RM)
	W3 (S7/S8/S9)	BP	5 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)
		LE	5 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)
	W4 (S10/S11/S12)	BP	6 × (3 × 95% 1RM)	5 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)
		LE	6 × (3 × 95% 1RM)	5 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)
	W5 (S13/S14/S15)	BP	6 × (4 × 90% 1RM)	5 × (4 × 90% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)
		LE	6 × (4 × 90% 1RM)	5 × (4 × 90% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)
	W6 (S16/S17/S18)	BP	6 × (5 × 85% 1RM)	5 × (5 × 85% 1RM)	4 × (4 × 85% 1RM)
		LE	6 × (5 × 85% 1RM)	5 × (5 × 85% 1RM)	4 × (4 × 85% 1RM)
Период подводки к соревнованию	W7 (S19/S20)	BP	5 × (5 × 85% 1RM)	4 × (5 × 85% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)
		LE	5 × (5 × 85% 1RM)	4 × (5 × 85% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)
	W8 (S21/S22)	BP	5 × (4 × 90% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)	3 × (5 × 85% 1RM)
		LE	5 × (4 × 90% 1RM)	4 × (4 × 90% 1RM)	3 × (5 × 85% 1RM)
	W9 (S23/S24)	BP	5 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)	3 × (3 × 95% 1RM)
		LE	5 × (3 × 95% 1RM)	4 × (3 × 95% 1RM)	3 × (3 × 95% 1RM)

Примечания

1 W – Неделя.

2 S – Тренировка.

3 BP – Жим штанги лежа на скамье.

4 LE – Разгибание ног (голень).

5 1RM – однократный максимум.

6 Пример – 5 x (5 x 85% 1RM): 5 подходов x 5 повторений x 85% 1ПМ.

Снижение риска травматизма в плавании также связано с уровнем силовой подготовленности пловцов. Применение достаточно высокого объема силовых тренировок также имеет большое значение, особенно в развитии морфологических адаптаций, которые оказывают важное влияние на профилактику травматизма и служат основой для развития максимальной силы и тем самым мощности. Необходимость регулярных силовых тренировок продиктовано широким распространением типичных для плавания травм: позвоночника [37], плечевого и коленного суставов, обусловленных высоким объемом тренировок в воде, ранним началом занятий спортом, неправильной техникой выполнения движений, особенностями стиля плавания (главным образом, брасса и баттерфляя), использованием вспомогательных средств плавания, вызывающих увеличение лордоза позвоночника. Также у пловцов часто регистрируется снижение плотности костной ткани, вызванное, вероятно, большим объемом тренировок в воде со сниженными ударным и гравитационным воздействиями на кости скелета, что приводит к повышенному риску переломов костей [34]. При этом наряду с классическими силовыми тренировками, рекомендуется любая форма «высокой ударной нагрузки», например, при выполнении плиометрических упражнений. Силовые тренировки могут способствовать увеличению роста костной массы, поэтому в идеале их следует включать в тренировочные программы пловцов. Помимо положительного влияния на минеральный состав костной ткани силовые тренировки также обеспечивают стабильность коленного, тазобедренного и плечевого суставов [8].

Важнейшим подходом к планированию силовых тренировок и их интеграции в тренировочный процесс является недопущение повышения общей тренировочной нагрузки с увеличением риска перетренированности. При включении силовых тренировок в тренировочные планы спортсменов важно адаптировать (значительно сократить) объем остальных тренировок для обеспечения оптимального состава тренировок разного типа в новом плане. Также следует отметить, что с профилактической точки зрения силовые тренировки не должны применяться на ранних этапах многолетнего развития пловцов, то есть до достижения ими периода созревания, когда можно быть уверенным в том, что у спортсмена нормально сформировалась костная структура [8].

2. АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА В ПЛАВАНИИ

Для обеспечения оптимальной реализации движений в воде пловец должен обладать достаточным уровнем развития силовых качеств и выносливости. Скорость плавания зависит от силы гидродинамического сопротивления, действующей на тело пловца, которую ему необходимо преодолевать, и силы тяги, обеспечивающей продвижение спортсмена в воде. Выносливость относится к основным качествам, обеспечивающим достижение необходимого уровня спортивной работоспособности в плавании. При этом спортивная работоспособность представляет собой генетически обусловленное компромиссное соотношение между скоростью и выносливостью. [38] В то же время в зависимости от стиля плавания и дистанции плавания, на которых специализируется спортсмен, определяют оптимальное распределение силы, особенности реакций в организме пловца на нагрузки при разных скоростях движения.

Модельные показатели спортивной работоспособности в каждой спортивной дисциплине являются основой для планирования и реализации эффективного тренировочного процесса [39], [40]. Рупишова́ З. с соав.[38] представили данные показателей выполнения ступенчатого теста с возрастающей нагрузкой и текущие изменения значений лактата и глюкозы в крови пловцов национального уровня (11 мужчин, 10 женщин, 17 ± 1.5 лет). При этом отмечено увеличение значений концентрации лактата и уменьшение значений концентрации глюкозы после первого этапа тестирования с постепенным увеличением значений этих показателей на последующих этапах (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты тестовых заплывов вольным стилем по схеме 4×200м (n=14) [38]

	Этап ступенчатого теста					Этап ступенчатого теста				
Зона интенсивности	1 50-60% Max	2 65-75% Max	3 80-90% Max	4 100% Max		До теста	1 50-60% Max	2 65-75% Max	3 80-90% Max	4 100% Max
Вольный стиль										
Время (м:с)	2:38,90	2:31,38	2:24,66	2:17,09	КЛК (ммоль/л)	1,74	2,52	3,05	4,11	7,14
-	-	-	-	-	СО	0,40	0,81	0,92	1,12	1,96
ЧСС (уд/мин)	133,8	147,5	162,9	174,5	Глюкоза (ммоль/л)	4,17	3,87	3,9	4,22	4,63
СО	11,98	17,64	17,03	15,08	СО	0,77	0,88	0,73	0,71	1,13
Брасс										
Время	3:10,37	3:02,90	2:51,18	2:45,30	КЛК (ммоль/л)	2,02	2,60	3,67	6,09	8,16
-	-	-	-	-	СО	0,25	0,52	0,65	0,89	0,83
ЧСС (уд/мин)	129,7	142,0	153,7	167,3	Глюкоза (ммоль/л)	3,44	3,41	3,68	4,15	4,53
СО	13,67	12,69	4,19	9,46	СО	0,80	0,34	0,50	0,99	1,02
На спине										
Время	2:53,22	2:41,75	2:34,43	2:26,98	КЛК (ммоль/л)	1,55	2,61	2,92	4,77	8,78
-	-	-	-	-	СО	0,18	0,91	0,71	0,88	0,33
ЧСС (уд/мин)	129,75	149,00	157,50	167,00	Глюкоза (ммоль/л)	4,02	3,73	3,80	4,46	5,03
СО	11,19	11,07	17,11	13,79	СО	0,29	0,48	0,19	0,29	0,32

Примечания

1 ЧСС – Частота сердечных сокращений.

2 КЛК – Концентрация лактата в крови.

3 СО – Стандартное отклонение.

Невысокий уровень изменения показателей между вторым и третьим этапами выполнения теста с учетом последовательного повышения интенсивности нагрузки обуславливается тем, что спортсмены экономят свои силы для выполнения последнего этапа. Подобная картина наблюдается во время соревнований по плаванию, в которых третий отрезок дистанции всегда является определяющим. Поэтому спортсменам и их тренерам рекомендуется уделять больше внимания данному этапу на тренировках, во время которого наиболее ярко проявляются психологическая устойчивость и анаэробная подготовленность пловцов. В тренировочном процессе, пловцы фокусируют внимание на развитии выносливости прежде всего в подготовительном периоде, однако, Rupiřová Z. с соав. [38] подчеркивают необходимость развития выносливости как одного из важнейших компонентов физической подготовки на протяжении всего годового цикла проведения тренировок. Выносливость играет важную роль в плавании не только на длинные, но и на короткие дистанции.

В настоящее время схема планирования тренировочных нагрузок, предполагающая чередования тяжелых силовых и взрывных упражнений, является альтернативой традиционным подходам, основанным на определенном количестве повторений при одинаковой интенсивности нагрузки в течение тренировки. GonzálezRavé J.M. с соав. [41] проанализировали эффективность использования распределения нагрузки в виде усеченной пирамиды во время тренировок с сопротивлением в бассейне. При этом дополнительная нагрузка в воде для шестнадцати пловцов национального уровня ($16,22 \pm 2,63$ лет) создавалась по принципу «плавания на привязи» с использованием блочного эргометра на основе силовой рамы («power rack») (шнур, идущий от механизма нагружения тренажера, крепится к ремню на талии пловца). Данный вид нагрузки оказывает стимулирующее воздействие на физическую и механические параметры, позволяя пловцам тренироваться с дополнительным сопротивлением непосредственно в условиях водной среды, используя любой из четырех стилей плавания. Такие тренировки в основном

ориентированы на работу в анаэробно-алактатном режиме с максимальной скоростью плавания (интервалы пассивного отдыха составляли 3-5 минут до полного восстановления). Тренировки включают 6 подходов по 12,5 м плавания вольным стилем с сопротивлением и распределением нагрузки в виде усеченной пирамиды: 1 подход при нагрузке 50% 1RM, следующий подход – 60% 1RM, затем 2 подхода – 70% 1RM, затем – 60% 1RM и заключительный – 50% 1RM (рисунок 3, таблица 4).

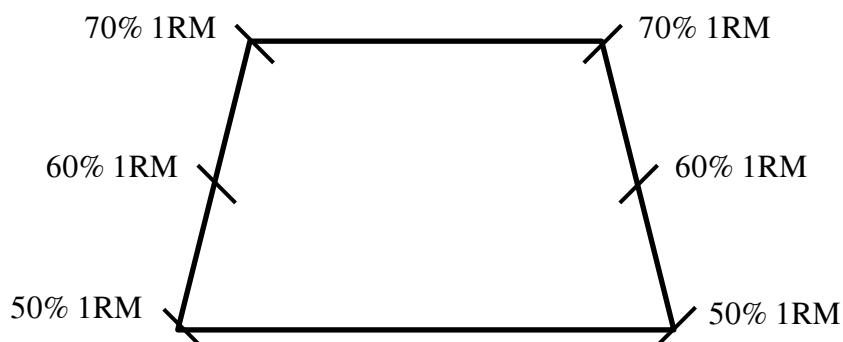


Рисунок 3. Схема поэтапного распределения нагрузки пловцов в виде усеченной пирамиды

Тренировки по плаванию с сопротивлением при распределении нагрузки в виде усеченной пирамиды в начале соревновательного сезона в подготовительном периоде обеспечивают более эффективное развитие физиологических адаптации к физическим нагрузкам и результативности плавания, выражающиеся в увеличении показателей максимальной тяговой нагрузки («maximumdragload») на 3,94%, специальной мощности плавания («specific swimming power») на 6%, – изокинетической силы («isokineticforceproduction») на 4,62%; и уменьшении времени проплывания дистанции 50 м кролем и на дистанции 50 м основным соревновательным стилем – на 0,78% и 0,32%, соответственно [41].

Таблица 4 – Программа тренировок с сопротивлением пловцов контрольной и экспериментальной групп (распределения нагрузки в виде усеченной пирамиды) [41]

Неделя	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница
1-3	Аэробные тренировки (напр., 2 x 800 м кролем)	Тренировки с силовой рамой КГ (6×70% 1RM) ЭГ (1×50%, 1×60%, 2×70%, 1×60%, 1×50% 1RM)	Анаэробные тренировки (напр., 2 x 400 м разными стилями)	Тренировки с силовой рамой КГ (6×70% 1RM) ЭГ (1×50%, 1×60%, 2×70%, 1×60%, 1×50% 1RM)	Развитие алактатной мощности (напр., 12 x 10 м; старты и повороты)
4	Аэробные тренировки (напр., 2 x 800 м кролем)	Свободное плавание	Свободное плавание	-	Развитие алактатной мощности (напр., 12 x 10 м; старты и повороты)
5-7	Аэробные тренировки (напр., 2 x 800 м кролем)	Тренировки с силовой рамой КГ (6×70% 1RM) ЭГ (1×50%, 1×60%, 2×70%, 1×60%, 1×50% 1RM)	Анаэробные тренировки (напр., 2 x 400 м разными стилями)	Тренировки с силовой рамой КГ (6×70% 1RM) ЭГ (1×50%, 1×60%, 2×70%, 1×60%, 1×50% 1RM)	Развитие алактатной мощности (напр., 12 x 10 м; старты и повороты)

В другом научном исследовании представлен комбинированный подход подготовки пловцов (5 мужчин, 4 женщины; возраст $15,4 \pm 1,7$ лет), предусматривающий сочетание плавательных тренировок на воде с протяжкой и сопротивлением [26, 42]. Тренировочная программа рассчитана на 3 недели по 3 тренировки в неделю. На каждом занятии выполняются 6 повторений плавания на спине с максимальной скоростью на дистанции на 25 м (3 повторения с протяжкой, 3 – с сопротивлением). Между каждым повторением интервал отдыха составляет одну минуту. Плавание с протяжкой выполняются с эластичной лентой-тренажером, например, StrechCordz, за которую тренер быстро подтягивает пловца по ходу его движения. Плавание с сопротивлением осуществляется с тренажером с переменной нагрузкой (от 2 до 6 единиц) Run Rocket, шнур от которого крепится к ремню на талию пловца. В результате

использования комбинированных тренировок по плаванию с сопротивлением и протяжкой у спортсменов-подростков улучшаются показатели плавания на спине на дистанции 100 м (на 3,4%) и дистанции 50 м (на 1,0%). При этом данные тренировки были более эффективны для девушек-подростков по сравнению с юношами, что объясняется относительно меньшей начальной силой и, следовательно, большим потенциалом для улучшения силы у девушек по сравнению с юношами-пловцами. Таким образом, перенос тренировочного эффекта упражнений с сопротивлением и протяжкой более эффективен на более длинных спринтерские дистанции плавания на спине (100 м) [26], [42].

Тренировочные нагрузки (ТН) традиционно подразделяются на внутреннюю и внешнюю. В современной научной литературе при количественном определении тренировочной нагрузки пловцов предпочтение отдается мониторингу внешней нагрузки, при этом наиболее часто прибегают к определению объема нагрузки в бассейне (средняя дистанция, продолжительность плавания в течение недели или года) и в зале (часов в неделю), а также ее интенсивности (выходной мощности, скорости плавания). Наиболее популярными способами определения величины внутренней нагрузки является определение концентрации лактата в крови и частоты сердечных сокращений, менее популярны – оценка индивидуального восприятия нагрузки (ОИВН), оценка индивидуального восприятия нагрузки за тренировку (ОИВН_т) и психологические опросники [43].

Традиционно контроль нагрузок ориентирован на повышение спортивного результата, вместе с тем его значение для снижения риска получения травм также значительно повышается [44]. При этом некоторые исследователи считают, что приоритетность мониторинга тренировочных нагрузок в аспекте прогнозирования травматизма может создавать условия, при которых у тренера и спортсменов повышается вероятность избегать риски, связанные с возможным влиянием повышенных нагрузок, необходимых для развития физической адаптации и достижения высокой результативности в спортивной деятельности [45].

BarryL. с соав.[46] подтвердили, что основными задачами мониторинга тренировочных нагрузок являются оценка реакции пловцов на тренировки и улучшение спортивной результативности. При этом в спортивном плавании главная роль в контроле нагрузки принадлежит тренерам, а спортивные ученые, специалисты по общей физической подготовке и медицинский персонал принимают значительно меньшее участие в данном процессе.

Исходя из данных, полученных BarryL. с соав. [46] наиболее популярными показателями ТН являются; тренировочный объем (дистанция) (96%) и оценка индивидуального восприятия нагрузки за тренировку (ОИВНт) (92%), далее следуют субъективная оценка образа жизни и здоровья (73%), частоты сердечных сокращений (69%) и общая нагрузка (ОИВН × продолжительность) (69%) [43]. Эти данные ставят под сомнение результаты ранее проведенных научных исследований, в которых указывается, что мониторинг ТН в исследованиях спортивного плавания часто не предусматривает оценку внутренней ТН (ОИВНт) в плавании [47]. Это свидетельствует о расхождении между научными и практическими сведениями.

По мнению BarryL. с соав. [46] применение оценки индивидуального восприятия нагрузки за тренировку (ОИВНт) является одним из приоритетных компонентов системы контроля ТН, который позволяет охватывать все аспекты тренировочной (на воде и в спортзале) и соревновательной деятельности, в процессе использования одного универсального метода, обеспечивающего точное измерение общей ТН.

При оценке ТН в плавании важно учитывать субъективную оценку стиля жизни и состояния здоровья, особенно выделяя продолжительность и качество сна, которые напрямую связаны со спортивной работоспособностью пловцов. Основными причинами нарушения сна пловцов являются: проведения тренировок ранним утром; увеличение ТН; повышенный стресс при совмещении тренировочной (соревновательной) и учебной деятельности. [48]. В данном аспекте также необходимо использовать психологические опросники: Профиль состояния настроения; Опросник ежедневного анализа жизненных

потребностей; Опросник восстановительного стресса для спортсменов; Многокомпонентная шкала тренировочного дистресса), а также шкалы Лайкерта для оценки энергии, утомления и болезненности. В настоящее время большинство тренеров и специалистов по плаванию используют сочетание двух или более методов для оценки ТН, при этом наиболее популярные из них представлены в иерархическом порядке в таблице 5.

Таблица 5 –Иерархическое представление методов анализа и оценки ТН [46]

Методы	Рейтинг
Интервью	4
Тренировочное напряжение	12
Соотношение между внутренней и внешней нагрузкой	15
TRIMP (тренировочный импульс)	15
Монотонность тренировок	15
Соотношение между острой и хронической рабочей нагрузкой	31
Тренировочный стресс	31
ОИВН × продолжительность (общая нагрузка)	62
Дистанция за день	69
Дистанция за неделю	85

BarryL. с соав. [46] указывают, что тренеры и специалисты по плаванию используют полученные данные по ТН, в первую очередь, для повышения результативности спортсменов и улучшения их реакции адаптации к тренировкам, в то время как профилактика травматизма и разъяснение тренировочных рекомендаций являются менее приоритетным (рисунок 4). При этом анализ данных ТН целесообразно осуществлять дифференцированно по видам тренировочной деятельности, осуществляемым в бассейне и вне его, а также использовать дополнительное подразделение ТН на подкатегории в зависимости от цели тренировок (развитие скорости, аэробной способности, темпа движений).



Рисунок 4. Восприятие эффективности практических методов мониторинга ТН для основных направлений деятельности согласно сообщениям 26 респондентов [46]

Необходимо отметить, что в 60% случаев данные тренировочных нагрузок регистрируются сразу после завершения тренировки, в течение первого часа – 12%, в течение 24 часов – 28%, при этом информация о тренировочных нагрузках, полученная позднее данного периода времени теряет свою актуальность. Оперативность предоставления спортсменам информацию о ТН после обработки и анализа полученных данных является важным компонентом взаимодействия тренерского состава и спортсменов. Наличие обратной связи со спортсменами служит одним из ключевых факторов их заинтересованности в проведении мониторинга ТН. При этом представленная информация должна сопровождаться комментариями специалиста по ключевым вопросам и возможностью для спортсмена задавать вопросы и получать ответы в режиме реального времени. Авторы указывают, что введение в команде по плаванию ставки для специалиста, выполняющего мониторинг ТН и других видов научно-исследовательской деятельности, позволят значительно увеличить эффективность процесса принятия решений, благодаря сокращению

времени на сбор, обработку и анализ данных, а также повышению точности, надежность и достоверность полученной информации [46].

В научной литературе представлены следующие наиболее распространенные среди тренеров варианты планирования соревновательного сезона пловцов элитного уровня, учитывающие применение 1 или 2 макроциклов, например: 4 мезоцикла в рамках одного макроцикла или 4-6 мезоциклов при выделении двух макроциклов [49, 50]. González-Ravé J.M. с соав [51] на основе принципов индивидуального подхода и иерархической структуры содержания тренировок разработали систему годичного цикла подготовки пловца мирового класса, специализирующегося в индивидуальном комплексном плавании на 400 м, состоящую из 3 макроциклов по 3 мезоцикла в каждом для более эффективного планирования с учетом трех главных соревнований сезона. Каждый макроцикл состоит из общеподготовительного, специальноподготовительного и соревновательного мезациклов [52]. При этом их продолжительность в первом макроцикле составляет 6, 10 и 2 недели, соответственно; во втором – 4, 7 и 3 недель, в третьем – 3, 10 и 4 недель, а также 3 переходных периода по 1 недели. Во время первого макроцикла основное внимание уделяется повышению уровня общей физической подготовленности и развитию аэробной мощности, во втором – повышению как аэробной мощности, так и анаэробного (лактатного) порога (при объеме тренировок в воде более 50 км в неделю), в третьем – улучшению технической и физической подготовленности пловца и достижению пика спортивной работоспособности во время Чемпионата Европы (таблица 6).

Таблица 6 – Содержание тренировочных макроциклов для пловца мирового класса, специализирующегося в индивидуальном комплексном плавании на 400 м [51]

			Уровень приоритета		
Зона интенсивности	Содержание тренировок		1-ый макроцикл	2-ой макроцикл	3-й макроцикл
зона 1 (< 2 ммоль/л)	A1 – аэробные низкоинтенсивные тренировки (на 50 уд/мин меньше ЧСС макс)	Аэробные	4	3	3
	A2-аэробные поддерживающие тренировки (на 40–50 уд/мин меньше ЧСС макс)		4-5	4	3
зона 2 (2-4 ммоль/л)	АТ – на уровне аэробного порога (пороговые) (на 30–40 уд/мин меньше ЧСС макс)		3-4	4-5	4-5
зона 3 (4–6 ммоль/л)	VO ₂ – тренировки при аэробной перегрузке (на 10–20 уд/мин меньше ЧСС макс)	Соревновательный темп	2	4	5
зона 4 (> 6 ммоль/л)	LP– тренировки при производство лактата (на 0–10 уд/мин уд/мин меньше ЧСС макс		3	2	2
	LT-тренировки лактатной выносливости (на 0–10 уд/мин уд/мин меньше ЧСС макс		2	4-5	5
зона 5 (максимальная скорость)	Speed – базовая скорость АТФ-ФК	Соревновательная скорость	5	4	4
-	Сила и гипертрофия мышц		4-5	2	-
-	Максимальная сила		3	3	3
-	Мощность		3	4	4
-	Мощностная выносливость		-	4	5
-	Стабильность кора – силовая выносливость		5	3	3
-	Общая физическая подготовка		4-5	3	2
-	Специальная физическая подготовка		-	4-5	4-5
-	Гибкость		5	5	5

Примечания

1 Значение 1 – Низкий приоритет.

2 Значение 5 – Высокий приоритет.

3 ЧСС – Частота сердечных сокращений (уд/мин).

Во время первого макроцикла силовые тренировки (выполняемые в спортзале) были направлены на развитие силы мышц, увеличение мышечной массы, максимальной силы, а также улучшение метаболических процессов, обуславливающих развитие силовых качеств. Для этого применялись интервальные тренировки или круговые тренировки продолжительностью 50-80 минут, состоящие из 6-12 упражнений, выполняемых в течение заданных периодов времени с легкими нагрузками. Тренировки мышц туловища также проводились в целях повышения стабильности торса и предотвращения распространенных среди пловцов травм.

Во время второго и третьего макроциклов силовые тренировки, проводимые в спортзале обеспечивали развитие максимальной силы, мощности мышц и выносливости. Во время метаболических силовых тренировок применялись преимущественно упражнения примерно такой же продолжительности (4 мин) как соревнования в индивидуальном комплексном плавании на 400 м. При этом спортсмен продолжал выполнять упражнения для укрепления мышц туловища, как и во время первого макроцикла. В течении данных макроциклов происходил постепенный переход от общесиловых метаболических тренировок к специальным силовым тренировкам выносливости, которые также соответствовали продолжительности соревновательного заплыва (4 мин). Во время каждого упражнения применялись нагрузки легкой и средней интенсивности (30–50% 1RM).

Недельный объем тренировок в воде составлял 25-79 км в неделю в первом макроцикле, 24-87 км в неделю – во втором, 25-90 км в неделю – в третьем. По мнению González-Ravé J.M. с соав [51] применение более высокого тренировочного объема по сравнению с указанным в предыдущих исследованиях [53] способствует повышению технической эффективности плавания, обусловленной проведением дополнительных тренировочных занятий.

Распределение интенсивности тренировочных нагрузок в каждом макроцикле соответствовало традиционной пирамидальной модели во время

общеподготовительного мезацикла, пороговой поляризованной модели в ходе специально-подготовительного мезацикла и поляризованной модели в соревновательном мезацикле.

Таким образом приоритетным направлением спортивной деятельности пловца являлось сохранение прогресса, достигнутого во время предыдущих макроциклов, обеспечивая фундамент и стимулы для запланированного повышения уровня подготовленности.

Для более эффективного решения задач каждого тренировочного макроцикла использовались чередование высотных тренировок и подготовки на уровне моря. При этом продолжительность традиционной подготовки на уровне моря между первыми и вторыми тренировочными высотными сборами составила 6 недель, между вторым и третьим – 3 недели, а между третьим и четвертым – 11 недель, учитывая близость важных соревнований, важно отметить, что после пребывания в последнем высокогорном лагере прошло всего лишь три недели до главного соревнования сезона.

Достиженные во время соревнования результаты подтвердили, что исследуемый план проведения тренировок обеспечивал своевременный выход на пик спортивной формы. Применяемое сочетание объема и интенсивности тренировок способствовало развитию физиологических, гематологических и других определяющих спортивную работоспособность реакций адаптации, достигаемой благодаря действию процесса суперкомпенсации. При этом прогресс пловца благодаря проведению тренировок на основе принципов обеспечения перегрузок и соблюдения индивидуального подхода продолжался также в следующем сезоне, что позволило ему занять четвертое место на Чемпионате мира [51].

В другой работе GłukW. с соав. [54] описали 20-недельный макроцикл подготовки пловцов высокой квалификации ($20,4 \pm 1,7$ лет), предусматривающий выполнение 10 специальных тренировок по плаванию в течение 6 дней, а также силовых тренировок 2-3 раза в неделю. При этом во время первого периода, (с 1 по 4 неделю) спортсмены проплывали всего 139,6

км и затрачивали 21 ч на работу в спортзале; для второго периода (с 5 по 8 неделю) эти показатели составили, соответственно, 172,3 км и 18 ч.; в течение третьего периода (с 9 по 12 неделю) участники исследования преодолевали в целом 227,8 км в бассейне и проводили 22,5 ч в спортзале; на последнем предсоревновательном периоде (с 13 по 18 неделю) спортсмены проплывали 180 км в бассейне и тренировались 18 ч в спортзале в рамках подводки к соревнованию (постепенного снижения рабочей нагрузки перед соревнованием). По окончании чемпионата спортсмены сохраняли свою лучшую спортивную форму с 19 по 20 неделю, при общей нагрузке 120,3 км.

Планирование тренировочных нагрузок, используя деление больших периодов подготовки, например, годовых, олимпийских, на циклы, для достижения максимального уровня физической, технической и психологической подготовленности спортсменов к выступлению на соревнованиях является важнейшей целью в циклических видах спорта. При этом долгосрочное планирование подразумевает обобщенное распределение средств и методов подготовки, рассчитанное на весь сезон. Поэтому на практике широко используется планирование более коротких временных периодов с подробным изложением задач, которые должны быть выполнены во время каждой тренировки, например в течение недельного цикла. Оптимальный вариант планирования должен учитывать цели и задачи долгосрочного и краткосрочного планов, а также ежедневные изменения индивидуальных показателей подготовленности спортсмена. Этот процесс требует больших затрат времени и обычно применяется исключительно по отношению к профессиональным спортсменам высочайшего класса.

ErikssonR. с соав. [55, 56] разработали компьютерную модель планирования недельных тренировок GERT («Genetic and Random Treestraining planner») на основе «генетических» алгоритмов и алгоритмов «случайных деревьев», включающую два модуля: систему машинного обучения, извлекающую информацию о еженедельном распределении тренировочной нагрузки и порядке проведения тренировок из базы типичных тренировок,

входящих в тренировочные планы предварительно загруженные в систему; и систему планирования, которая позволяет разрабатывать подробные планы отдельных тренировок на основе информации из библиотеки данных проведения тренировок.

В начале модель GERT осуществляет изучение способа разработки тренировочного плана конкретным тренером. При этом учитываются данные о распределении недельной тренировочной нагрузки между отдельными тренировками, а также о ее продолжительности и интенсивности во время каждой тренировки. Таким образом формируется план-модель, типичный для данного тренера. При этом способ планирования тренировочной нагрузки во время каждой тренировки в течение недели выявляется на основе применения внутренней модели регрессии по отношению к распределению тренировочной нагрузки во время тренировок и тренировочных планов, загруженных в систему. Далее система GERT определяет, к какому типу тренировок относится каждый вид выполняемых упражнений с учетом доминирующих в них зон интенсивности.

Затем генетический алгоритм формирует совокупность недельных тренировочных планов посредством случайной выборки тренировок из библиотеки данных проведения тренировок. Данная совокупность повторно многократно совершенствуется в ходе целого ряда генераций создаваемых планов. В ходе каждой генерации происходят перекрестные изменения тренировочных планов, которые подвергаются оценке на соответствие задачам алгоритма. После оценки осуществляется проверка с применением критериев завершенности, для подтверждения того, что тренировочные планы все еще продолжают улучшаться. Если это так, то лучшие выборки сохраняются, а процесс запускается, начиная со стадии перекрестных изменений. В противном случае система возвращается к получившей лучшую оценку выборке и предлагает ее в качестве тренировочного плана.

Eriksson R. с соав. [55] утверждают, что модель GERT обеспечивала создание тренировочных планов, которые с высокой степенью подобия

воспроизводили планы, разрабатываемые профессиональными тренерами. Таким образом, это первый шаг к автоматизации процесса разработки индивидуализированных тренировочных планов в стиле профессиональных тренеров.

Во всех видах спорта, включая плавание, достижение высокого уровня подготовленности и результативности соревновательной деятельности является более длительным процессом, чем утрата накопленной спортивной формы, которая происходит несравнимо быстрее. Поэтому при планировании любых перерывов в тренировочном процессе необходимо учитывать допустимое соотношения положительных и отрицательных аспектов влияния периода отсутствия тренировок на пловцов. Плановый период отсутствия тренировок (переходный период) является важной частью тренировочного процесса, позволяющей спортсменам восстановиться после физических и психологических нагрузок к новому тренировочному циклу. При этом результатом типичного перерыва между сезонами неизбежно становятся изменения в функционировании кардиореспираторной, нервно-мышечной и метаболических систем, выражающиеся в снижении максимального потребления кислорода (МПК), уменьшении плотности капилляров, окислительной способности, площади поперечного сечения мышечных волокон, электромиографической активности и изменениях в типах мышечных волокон. Полное прекращение тренировок высококвалифицированными спортсменами может приводить к развитию у них синдрома детренированности, расслабленности, абстинентного синдрома (синдрома отмены) или аддикции физических упражнений (устойчивая потребность в повторении определённых действий). Подобные эффекты могут также возникать при внезапном прерывании тренировок по причине травм или других незапланированных обстоятельств.

Продолжительность перерыва между сезонами обусловлена: задачами, которые ставит тренер на определенном этапе подготовки спортсменов; последовательностью этапов спортивной подготовки; а также спортивным

календарем соревнований по плаванию [57]. При этом переходный период между активными сезонами обычно имеет продолжительность от 2 до 4 недель, но может также длиться до 6 недель.

Głuk W.c соавт. [54] проанализировали изменения показателей подготовленности на суше и в воде у пловцов высокой квалификации (14 пловцов (7 женщин, 7 мужчин) ($20,4 \pm 1.7$ лет)), по завершению переходного периода продолжительностью 12 недель (после национального чемпионата Польши и до возвращения спортсменов в их тренировочный центр)[58].

В результате 12-недельного переходного периода выявлено снижение показателей физической подготовленности пловцов, а также мощности и скорости их плавания. Например, снизились показатели силы и мощности мышц нижних конечностей при выполнении прыжка вверх с приседом (CMJ) и выполнении приседаний с отягощением (пневматический тренажер KAIZER). Также снизились показатели специальной мощности и скорости плавания (плавание кролем на дистанции 20 м при помощи только ног («crawllegs»), только рук («crawl arms») и одновременно ног и рук («front crawl»)). При этом снижение мощности и увеличение времени тестового заплыва проявлялись в большей мере у пловчих по сравнению с пловцами мужского пола. Напротив, снижение показателя скорости плавания при лактатном пороге наблюдалось только у мужчин-пловцов. Представленные авторами результаты дают определенную картину реакций пловцов на продолжительные переходные периоды(12 недель). Эти изменения уровня подготовленности спортсменов необходимо учитывать тренерам при возвращении к регулярным тренировкам для компенсации снижения основных характеристик, определяющих эффективность плавания, за время длительных периодов отсутствия тренировок и тем самым ускорить процесс полного восстановления спортивной формы пловцов, используя наиболее эффективные тренировочные методы. При этом спортсмены, которые эффективно восстанавливаются в течение переходного периода, быстрее возвращаются к своему предшествующему уровню физической подготовленности во время нового подготовительного периода [54].

3. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ПЛАВАНИИ

По мнению ряда специалистов биомеханические факторы позволяют более эффективно прогнозировать эффективность плавания по сравнению с физиологическими и антропометрическими показателями, хотя обе последние группы параметров все еще считаются достоверными факторами, определяющими результативность плавания [6].

Заплывы в спортивном плавании подразделяются на четыре четко выраженные фазы: старт, дистанционное плавание, поворот (или повороты) и финиш. Эти фазы кратко характеризуются следующим образом: старт – время до 15 м; дистанционное плавание – отрезки дистанции кроме старта, поворота или финиша, поворот – 5 м до и 10 м после стенки бассейна; финиш – 5 м до стенки бассейна на последнем отрезке [59].

Техника старта в плавании постоянно совершенствовалась на протяжении многих лет. В результате появилось множество стартовых техник (рисунок 5) [60]. Сначала использовался обычный старт (туловище располагалось почти в горизонтальном положении, слегка согнутые нижние конечности располагались параллельно, обе стопы располагались над передней частью стартового блока, а верхние конечности могли быть вытянуты назад или свисать вперед). При этом наблюдались различные стили старта: мах руками вперед, полный мах руками, мах руками назад, мах прямыми руками назад и круговой мах руками назад со старта со свинга. В дальнейшем использовали старт с захватом (Grab-start) (ноги пловца располагались параллельно друг другу, пальцы ног загибались за передний край стартовой платформы, но колени и бедра были согнуты, позволяя рукам схватиться за переднюю часть блока – между ногами или с внешней стороны от ног). Он был впервые использован в 1960-х годах Эриком Ханауером и быстро завоевал популярность. Затем, в 1970-х годах, появился способ, повторяющий легкоатлетический старт – трек-старт (track-start position) (со ступенчатым упором в задней части стартового блока: одна нога

располагается у переднего края блока, а другая – сзади), который успешно применялся в течение следующих нескольких лет. Он был скопирован из легкой атлетики и адаптирован к требованиям плавания. Используя эту технику, спортсмены могли выбирать из широкого спектра вариантов. Они могли смещать свою позицию вперед (со смещением ОЦМ вперед) или назад (с ОЦМ позади).

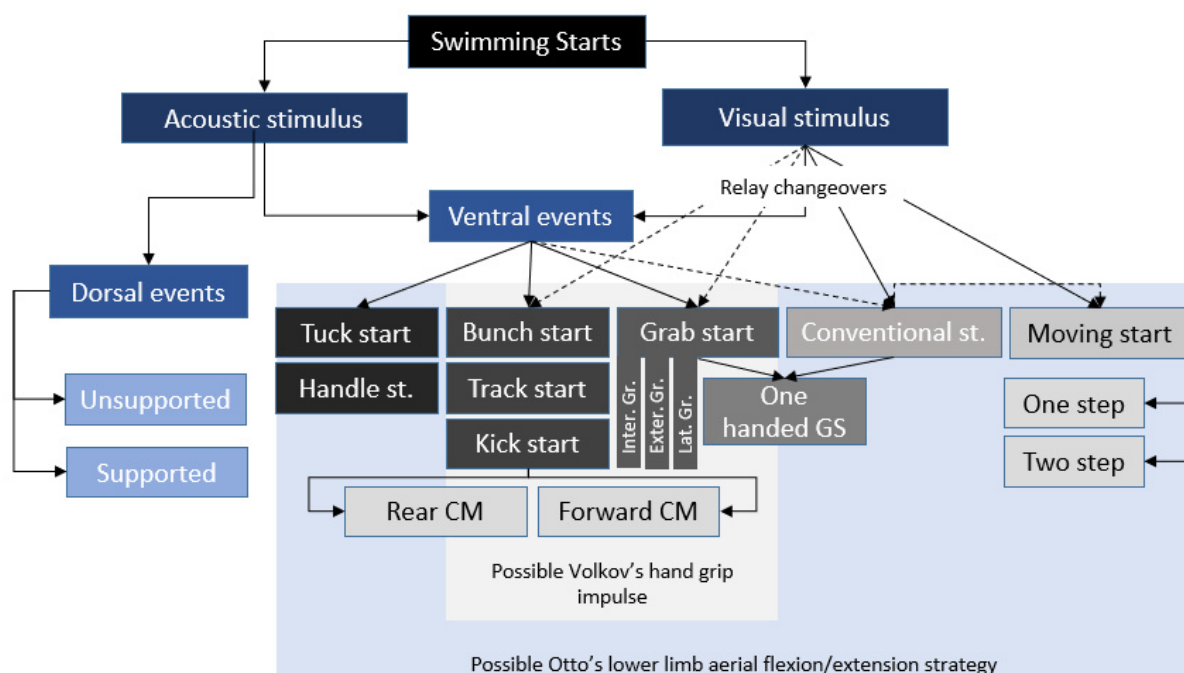


Рисунок 5. Позиции старта в плавании с учетом расположения конечностей [60]

Следующая модификации выполнения старта связана с инженерными разработками компании Anti Wave (2002), представившей суперблок старта с захватами, расположенными по бокам, что позволило пловцам сместиться еще вперед и сократить время отрыва блока за счет использования рукояток (handle-start). Между тем, было создано большое количество комбинаций на основе описанных техник старта, например: положение спортсмена со смещением вперед с захватом руками по бокам блока (tuck), размещение ног как в трек-старте (track-start) с руками как в обычном старте (bunch-start). В завершении, предложенный в последнее время кик-старт (kick-start) представляет собой ту же технику, что и трек-старт, но выполняется с опорой на заднюю ногу и с использованием значительного преимущества наклона [60].

В диссертационном исследовании RudnikD.M. [60] отражены современные представления о пространственно-временной структуре старта при плавании на груди, указывающие на биомеханические преимущества стартового положения, при котором ноги пловца расположены в шахматном порядке – одна впереди, другая сзади. При этом результативность времени преодоления дистанций 5 м и 15 м после кик-старта (kick-start) со смещением общего центра масс (ОЦМ) пловца вперед значительно превышает результативность кик-старта (kick-start) со смещением ОЦМ назад, старт с использованием рукояток (handle-start) и старт с захватом (Grab-start), в порядке снижения результата. Кик-старт (kick-start) со смещением ОЦМ вперед характеризуется более коротким временем нахождения на стартовом блоке, что позволяет сохранять преимущество пространственно-временных показателей в течение стартового отрезка (до 15-метровой) по сравнению с остальными техниками старта. Кик-старт (kick-start) со смещением ОЦМ вперед более эффективен независимо от уровня развития техники (при условии, что техника является двигательным навыком). При этом большее смещение задней опорной пластины стартового блока назад обеспечивает сокращение времени отталкивания задней ногой и, соответственно, увеличивает расслабление мышц передней ноги в стартовой позиции. Сравнивая вариант большего смещения задней опорной пластины назад с предпочитаемым пловцами вариантом размещения опорной пластины, отмечается большая эффективность индивидуально предпочитаемого положения задней опорной пластины у пловцов-мужчин, имеющее решающее значение для успешного старта. Таким образом различные регулировки положения задней опорной пластины в большей степени влияют на результативность мужчин, чем женщин. Так пловцы-мужчины, обладая менее продолжительной фазой нахождения на стартовом блоке и обладая более высокой скоростью полета, отталкиваются дальше и быстрее преодолевают первые 15 м в воде по сравнению с женщинами. Именно соотношение между продолжительностью фазы нахождения на стартовом блоке и величиной скорости имеет решающее значение для успешного старта.

Научно доказана взаимосвязь между результатами теста прыжок вверх с приседом (СМЖ) и биомеханической структурой старта в плавании, а также общим временем старта. Общее время старта на первых 15 м, как основной показатель эффективности старта в плавании, время преодоления дистанции между отметками 5 и 10 м, скоростью и расстояние фазы полета во время старта в плавании на груди коррелирует с большинством параметров СМЖ, что подтверждает важность функциональных характеристик нижних конечностей во время старта. Основные переменные кривой «сила-время» СМЖ позволяют детально интерпретировать принципы, определяющие эффективность старта в плавании и прогнозирования ее дальнейшего повышения [60].

В современной литературе содержатся сведения, что суммарное время выполнения поворотов пловцами вольным стилем на дистанции 100 м составляет 19-20% общего времени заплыва и до 36% на дистанции 1500 м, а в условиях короткого бассейна (25 м) кратно возрастает при других стилях плавания, например, достигая 44-45% общего времени на дистанции 100 м брассом [12, 61-63]. При этом показатели времени преодоления 15-метрового отрезка дистанции после выполнения поворота а также отрезка между 5 м и 15 м дистанции после поворота могут применяться в качестве главных параметров, которые могут в значительной степени повлиять на общий результат на финише и на эффективность выполнения поворота [16, 61].

Традиционно используемая пловцами техника во время подводных фаз после старта и поворотов носит название подводное волнообразное плавание (ПВП), при этом пловцы выполняют волнообразные колебания тела, располагая руки вытянутыми и сомкнутыми над головой [24]. Подводное волнообразное плавание (ПВП) или «дельфин» стало особенно важным компонентом фаз старта и поворота с Олимпийских игр 1980 года в Москве, во время которых пловцы начали использовать тактику продления подводной фазы, используя волнообразное плавание в целях сокращения потери скорости до начала выполнения надводных гребков во время дистанционного плавания. При этом волнообразный удар ногами в воде является более предпочтительным по

сравнению с встречными движениями ногами вверх-вниз (удар флаттером), поскольку он позволяет уменьшить замедление движения перед началом фазы дистанционного плавания [64].

В настоящее время правила Международной федерации плавания (ФИНА) разрешают пловцу находиться под водой, преодолевая расстояние 15 метров во время фаз старта и поворота, при этом на ПВП может приходиться до 30% дистанции стандартного заплыва в длинном (олимпийском) бассейне. ПВП обеспечивает более высокую двигательную эффективность по сравнению с плаванием на поверхности воды, поскольку обтекаемое горизонтальное положение тела с вытянутыми и сомкнутыми перед головой руками исключает волновое сопротивление. При этом перемещение пловца под водой обеспечивается за счет плавных волнообразных движений всего тела спортсмена, начиная от головы к ногам. Эта волна усиливается по мере последовательного прохождения каждого сегмента тела, этот импульс силы передается от крупных – к малым сегментам тела и воде. При этом скорость движения под водой зависит от частоты движений ногами (ударов) и горизонтального расстояния, проплываемого после каждого удара [59].

WestR. с соав. [59] выявили целый ряд биомеханических показателей, проявляющих корреляцию со скоростью ПВП, которые могут выступать в роли факторов ее прогнозирования. Так, частота ударов ногами, амплитуда ударов ногами, вертикальная скорость пальцев ног (переднего отдела стопы) и угловая скорость движений в коленных суставах являются основными факторами, определяющими скорость подводного волнообразного плавания. Ikeda Y. с соав. [65] считают, что обеспечение симметрии между ударами ногами вниз и вверх обеспечивают повышение скорости перемещения пловца во время ПВП.

Высокая частота волнообразных движений (ударов) ногами обеспечивает повышение скорости ПВП. При этом, чем больше времени пловец затрачивает на выполнение фазы удара ногами вверх, тем меньше будет частота ударов и больше амплитуда движений. Интересно, что максимальная горизонтальная скорость ПВП обнаруживается одновременно или немедленно после

максимальной пиковой вертикальной скорости пальцев ног (верхнего отдела стопы). Таким образом, квалифицированные пловцы более эффективно выполняют удар ногами вверх по сравнению с неквалифицированными спортсменами. Во время удара ногами вверх происходит разгибание в тазобедренном суставе и сгибание в коленном суставе, при этом квалифицированные пловцы обычно выполняют разгибание в тазобедренном суставе перед началом сгибания в коленном суставе. Высокая угловая скорость разгибания в тазобедренном суставе обеспечивает создание силы тяги и повышает эффективность подводного волнообразного плавания. Пловцы высокой квалификации выполняют большее разгибание в тазобедренном суставе во время удара ногами вверх по сравнению с начинающими пловцами. При этом во время удара ногами, направленного сверху вниз, наибольшее значение имеют показатели угловой скорости сгибания в коленном суставе, чем движение в тазобедренном суставе, а во время удара, направленного снизу вверх, влияние движений в тазобедренном и коленном суставах носит сходный характер [59]. У квалифицированных пловцов также наблюдается большее угловое смещение нижней части корпуса во время фазы ускорения (удар ногами вниз) по сравнению с неквалифицированными пловцами ($25,2^\circ$ и $4,5^\circ$, соответственно). Несмотря на важную роль углового смещения нижней части туловища, избыточное движение этой части корпуса пловца может привести к увеличению площади фронтальной поверхности, что, в свою очередь, станет причиной более высокого сопротивления воды [65]. Высокая средняя скорость коленного сустава позволяет пловцу быстро завершать заключительную часть фазы удара ногами вверх, чтобы минимизировать гидродинамическое сопротивление, а также увеличивать частоту ударов ногами, сокращая тем самым продолжительность каждого цикла движений ногами [59].

Колебательные взаимосвязанные движения тела определяют форму и скорость волны, которая оказывает влияние на скорость продвижения пловца во время ПВП, при этом форма волны зависит от частоты, амплитуды и

временной последовательности колебательных движений. Оптимальным считается, если спортсмен обладает способностью к развитию высокой скорости волны тела и вертикальной скорости стопы. Большая вертикальная скорость стоп и скорость волны тела обеспечивают высокую эффективность при создании вихревых потоков и силы тяги в воде. Максимальная движущая сила во время ПВП создается в конце фазы удара ногами вниз, когда пловцы сближают стопы своих ног друг с другом [66]. Это действие приводит к образованию вихрей и струйного потока, увеличивая импульс воды в вихревом следе пловца и вызывая создание силы тяги. При этом более высокая амплитуда движения в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах создает сильные вращающиеся в противоположных направлениях вихри, которые повышают движущую силу ног.

Также большое значение имеет правильный угол в плечевом суставе и гибкость грудного отдела позвоночника, обеспечивающие оптимальное обтекаемое положение тела и снижение гидродинамического сопротивления [65]. Угловая скорость туловища также оказывает влияние на достижение более высокой частоты ударов ногами пловцами высокой квалификации.

Увеличение скорости ПВП достигается: с одной стороны, выполнением мощных колебательных движений (с повышенной амплитудой) для увеличения движущего импульса, вызывающих большое активное сопротивление водной среды с высокими энергетическими потребностями и расходом энергии, что характерно для пловцов с низкой скоростью плавания. С другой стороны использование менее мощных движений (с пониженной амплитудой) создает низкий движущий импульс, но позволяют максимально снизить гидродинамическое сопротивление. Пловцы более высокого уровня применяют оптимальные амплитуды движений в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах для достижения максимального движущего импульса во время ПВП. Уровень гибкости в данных суставах также влияет на применяемые пловцами модели координации движений, максимальную силу тяги и снижение сил сопротивления [67].

Необходимо отметить, что при ПВП на груди и на спине траектории ударов ногами почти идентичны (по амплитуде и времени). Сходные результаты были также получены при сравнении показателей длины ударов ногами и средней скорости тела при ПВП на груди и на спине. Оптимальная глубина для снижения гидродинамического сопротивления при ПВП составляет приблизительно 0,4 м, при этом скорость плавания должна быть не ниже 1,9 м/с. Так же существует мнение, что движения под водой (после старта или поворота) должны начинаться после того, как скорость снизится до 1,9-2,2 м/с. Исходя из этого, высококвалифицированные пловцы должны начинать волнообразные движения, когда центр масс находится на расстоянии приблизительно 6 м от стартовой стенки бассейна. На этом расстоянии средняя скорость плавания составляет $1,99 \pm 0,13$ м/с. [59, 68].

Veiga S. с соавт. [69] представили обобщенные кинематические параметры ПВП. По данным научной литературы скорость движений ногами при ПВП составляет 1,09-2,70 м/с у пловцов мужского пола и 1,15 м/с-1,52 м/с у женщин; длина – 0,57 м-0,82 м у пловцов обоего пола, частота – 1,43-2,52 Гц у пловцов мужского пола и 1,83-2,06 Гц женщин; амплитуда движения пальцев ног – 0,41-0,70 м у пловцов мужского пола и 0,48-0,58 м у женщин (таблица 7). Основные кинематические показатели цикла ПВП пловцов следующие:

- относительно центра тазобедренного сустава самыми высокими и самыми низкими частями во время цикла ПВП были, соответственно, голеностопный сустав (23 см над тазобедренным суставом) и коленный сустав (11 см ниже тазобедренного сустава) в момент минимальной скорости и плечевой сустав (2 см над тазобедренным суставом) и коленный сустав (21 см ниже тазобедренного сустава) при максимальной скорости;

- вертикальная амплитуда движения головы и плечевого сустава составляет 0,07-0,11 м, тазобедренного сустава – 0,13 м, коленного сустава – 0,26-0,27 м и голеностопа – 0,42 м-0,46 м;

- скорость волны тела (между максимальными положениями центров суставов) составляет 2,68-4,61 м/с;

– показатели наклона тела (по линии от плечевого до тазобедренного сустава) возрастали от первого удара ногами (от 3° до 7° во время поворота или старта, соответственно) до последнего удара ногами перед всплытием, во время которого были зарегистрированы соответствующие показатели 12° и 16° ;

– плечевой и тазобедренный суставы, не отклоняются более чем на 30° от прямой линии в момент как максимальной, так и минимальной скорости;

– сгибание в коленном суставе во время удара ногами вверх не превышает 60° , при этом максимальное разгибание в данном суставе за пределы его нормального диапазона движения (гиперэкстензия) составляет -11° у пловцов национального уровня;

– амплитуда движения во время ПВП в плечевом суставе составляет 28° , в тазобедренном суставе – $30-50^{\circ}$, в коленном суставе – $71-89^{\circ}$, в голеностопном суставе – $34-64^{\circ}$;

– амплитуда движения в нижней части туловища составляет 27° , верхней части туловища – 12° , средне-грудного отдела – 19° у пловцов национального уровня;

– максимальная угловая скорость движения наблюдается в коленном суставе – $624-702^{\circ}/с$, минимальные показатели угловой скорости – а верхней части туловища – $122-100^{\circ}/с$, очевидно, что угловая скорость возрастает в направлении от туловища к пальцам ног;

– вертикальная скорость пальцев ног во время удара ногами вниз составляет $3,61-4,07$ м/с, а во время удара ногами вверх – $3,16-4,10$ м/с. При скорости пальцев ног у пловцов женского пола составляет $3,26$ м/с (удар ногами вниз) и $2,74$ м/с (удар ногами вверх)).

Таблица 7 – Современные тенденции использования кинематического анализа цикла ПВП [64, 66, 67, 69-77]

Параметры движений ногами				Полученные результаты
Скорость (м/с)	Длина (шаг) (м)	Частота (Гц) (уд/с)	Амплитуда (м/с)	
1	2	3	4	5
-	-	2.32 ± 0.22	0.70 ± 0.04	Снижение скорости продвижения пловцов примерно на 0,5 м/сна каждые 1,5 м дистанции подводного плавания,
1.64 ± 0.15	0.79 ± 0.08	2.11 ± 0.18	0.55 ± 0.07	Высокий уровень зависимости между симметрией ударов ногами в сагиттальной плоскости и эффективностью ПВП. Более высокая эффективность движений ногами была связана с большей гиперэкстензией (переразгибанием) в коленном суставе и меньшим сгибанием в коленном суставе при выполнении удара ногами вверх, с меньшим тыльным сгибанием стопы при выполнении удара ногами вниз и, следовательно, более высокой угловой скоростью пальцев ног во время последующего движения ногами вверх. Пиковая скорость движения пальцев ног во время удара ногами вверх проявляет корреляцию с горизонтальным ускорением центра масс пловцов. Это может быть связано со временем и величиной вихревых потоков, участвующих в развитии движущей силы. На пик скорости следует выходить во время начальной стадии удара ногами вверх, и этому в большей степени способствует разгибание в тазобедренном, чем в коленном суставе.
1.09 ± 0.11 1.17 ± 0.04	-	1.43 ± 0.54 1.99 ± 0.27	0.67 ± 0.20 0.48 ± 0.06	Во время ПВП более скоростные пловцы проявляли способность к уменьшению асимметрии в движениях в суставах относительно продольной (вертикальной) оси тела. Спортсмены высокого уровня квалификации отличались меньшей амплитудой волнообразного движения тела, особенно, в области верхних частей рук и кистей рук и большей симметрией движений в суставах относительно продольной оси тела.
1.64 ± 0.20	0.82 ± 0.21	2.08 ± 0.40	-	Установлена зависимость между уровнем развития силы в голеностопном суставе и скоростью ПВП, в частности, силы, возникающие при подошвенном сгибании и внутренней ротации в голеностопном суставе.
1.20 ± 0.13	0.57 ± 0.07	2.13 ± 0.23	0.61 ± 0.07	Максимальная угловая скорость движения в коленном и голеностопном суставах и амплитуда движения в коленном суставе в значительной степени объясняют эффективность ПВП и зависит от индивидуальной техники.

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
1.81 ± 0.32 1.52 ± 0.23	-	2.27 ± 0.45	-	Максимальная вертикальная скорость пальцев ног в сочетании со скоростью создаваемой телом волны позволяет прогнозировать скорость ПВП.
1.33 ± 0.19	-	1.65 ± 0.18	0.57 ± 0.06	Волнообразное движение тела во время ПВП также может быть охарактеризовано как скорость волны тела, рассчитываемая на основе показателей задержки времени между минимальным или максимальным положением основных анатомических точек и расстояния между ними.
1.35 ± 0.15 1.24 ± 0.12	-	1.85 ± 0.26 1.83 ± 0.20	0.63 ± 0.07 0.58 ± 0.06	Установлена взаимосвязь между максимальным разгибанием в голеностопном суставе, длиной удара ногами и горизонтальным смещением стоп при выполнении ударов ногами и скоростью продвижения во время ударов ногами
2.70 ± 0.27 1.81 ± 0.15 2.13 ± 0.21 1.70 ± 0.11	-	2.52 ± 0.23 2.16 ± 0.19	-	Уменьшение скорости на 25% от первого до последнего удара ногами во время подводных этапов старта и поворота при имитации заплыва баттерфляем на 50 м. Скорость первого подводного движения ногами после старта с тумбочки была на 20% выше, чем после отталкивания от стенки.
1.80 ± 0.20	-	1.90 ± 0.30	0.45 ± 0.06	Установлены механизмы координации мышц туловища и нижних конечностей у пловцов элитного уровня во время ПВП
1.77 ± 0.12 1.76 ± 0.13	-	-	-	Скорость плавания при выполнении последнего подводного удара ногами перед всплытием была меньше скорости первого гребка после выхода на поверхность

Продолжение таблицы 7

63

1	2	3	4	5
1.75 ± 0.16	-	2.37 ± 0.23	-	Угловое перемещение нижней части туловища проявляло корреляцию с большим угловым движением в плечевом, коленном и расположенных в дистальной части ноги суставах и, следовательно, с более высокой горизонтальной скоростью пловцов во время ПВП. Вертикальное положение голеностопного сустава, точки десятого ребра и плечевого сустава относительно тазобедренного сустава было связано со скоростью ПВП. При более высокой амплитуде движения в данном сегменте наблюдается более высокая амплитуда движения нижней части ноги при создании силы тяги, хотя при этом не было обнаружено изменения амплитуды движения в коленном суставе. Нижнее положение конца десятого ребра по отношению к тазобедренному суставу связано с высокой скоростью плавания[13].
1.45 ± 0.15	0.68 ± 0.09	2.17 ± 0.33	0.41 ± 0.06	Выявлена зависимость между максимальной угловой скоростью вращения в тазобедренном суставе во время движений ногами и горизонтальной скоростью пловцов. В то же время более высокая амплитуда движения при вращении в тазобедренном суставе была связана с более высокой скоростью вращения в тазобедренном суставе при выполнении движений ногами.
-	0.77 ± 0.12	2.14 ± 0.35	0.31 ± 0.06	Скорость плавания при выполнении последнего подводного удара ногами перед всплытием была меньше скорости первого гребка после выхода на поверхность
1.39 ± 0.18	0.73 ± 0.09	1.92 ± 0.28	0.62 ± 0.08	Выявлена зависимость между соматическими типами телосложения и кинематическими показателями, характеризующими ПВП
1.57 ± 0.15 1.31 ± 0.09	0.69 ± 0.08 0.58 ± 0.07	2.32 ± 0.40 2.22 ± 0.29	0.49 ± 0.05 0.46 ± 0.07	Высокие показатели скорости движения ногами у более квалифицированных пловцов связаны с высокой пиковой угловой скоростью движения в сегментах грудной клетки, нижней части туловища, бедра и голени, а также более высокой вертикальной скоростью движения пальцев ног во время как удара ногами вверх, так и удара ногами вниз. Кроме того, зарегистрирована более высокая амплитуда движения в нижней части туловища. у более квалифицированных пловцов длина (шаг) ударов ногами почти на 30 см превышала данный показатель у менее квалифицированных пловцов, тогда как различия между частотой или амплитудой движений ногами не были обнаружены.
1.43 ± 0.10	0.68 ± 0.08	2.11 ± 0.33	0.54 ± 0.05	По мере повышения скорости у пловцов национального уровня (70%, 80%, и 90% от максимальной) наблюдалось увеличение частоты ударов ногами при одновременном сокращении длины (шага) и амплитуды движений ногами.

Примечание - ПВП – Подводное волнообразное плавание.

Анализ литературы позволил выявить некоторые биомеханические закономерности ПВП, определяющие результативность плавания:

- при увеличении расстояния от стартовой стенки наблюдается снижение амплитуды движений ногами на отрезке 5-12 м, а также уменьшение частоты и скорости ударов ногами на отрезке 2,5-15 м;

- зависимость между частотой и амплитудой ударов ногами и их скоростью: увеличение скорости движений ногами сопровождается линейным увеличением частоты и уменьшением амплитуды движений;

- пловцы более высокого уровня квалификации обладают более высокими скоростью и частотой, но меньшей амплитудой движений ногами;

- увеличение скорости ПВП сопровождается повышением вертикальной скорости движения стоп и ее симметрией между ударами ногами вверх и вниз, а также угловой скорости движения в суставах;

- важная роль в волнообразном движении тела принадлежит сегменту нижней части туловища (от нижнего конца десятого ребра до подвздошного бугра);

- соотношение между скоростью волны тела и скоростью плавания во время ПВП составляет обычно 2,0-2,8 – это указывает на важную роль быстрых волнообразных движений тела;

- выраженное снижение скорости движений ногами у пловцов более низкого уровня квалификации наряду с тенденцией к снижению частоты и повышению амплитуды ударов ногами;

- параметры движений ног при ПВП после старта с тумбы заметно выше, чем после старта из воды.

Информация о кинематических характеристиках, определяющих эффективность ПВП, носит несогласованный характер по причине отсутствия согласия между авторами исследований в вопросе о том, какие кинематические параметры следует измерять во время ПВП.

Несмотря на то, что в настоящее время отсутствует единое мнение среди ученых на вопрос какой из параметров движений ногами (частота, длина (шаг)

или амплитуда) проявляет наиболее сильную взаимосвязь со скоростью ПВП, пловцам высокой квалификации рекомендуется повышать частоту подводных волнообразных движений ногами, не снижая их относительную амплитуду. Это позволит увеличить максимальную скорость ПВП, поскольку отношение скорости движений ногами и длины тела в большей степени связано с частотой ударов ногами, чем с их амплитудой. При этом сверхмаксимальные показатели частоты движений 105-115% снижают эффективности совместной активации мышц, участвующих в выполнении движений ногами и результативность плавания [69].

Частота гребков (ЧГ) и длина гребка (ДГ) являются одними из важных кинематических показателей, которые чаще всего анализируются в научных исследованиях биомеханики плавания брассом (таблица 8) [78].

Кинематические характеристики гребка, включая ЧГ и ДГ, изменяются в зависимости от дистанции и продолжительности плавания. Так, дистанция 100 м брассом характеризуется более высокой средней ЧГ и более низкой средней ДГ по сравнению с дистанцией 200 м. Эти изменения определяются интенсивностью физической нагрузки во время каждого из заплывов, при этом ЧГ возрастает, а ДГ снижается по мере увеличения интенсивности.

В то время как на дистанции 100 м на короткой воде (в бассейне длиной 25 м), наблюдалось уменьшение ЧГ, величина показателя ЧГ возрастает при выполнении заплыва на 100 м на длинной воде (в бассейне длиной 50 м). Пловцы мужского пола обладают большей длиной гребка на дистанциях 100 и 200 м по сравнению с пловцами женского пола. Это гендерное различие объясняется высоким ростом пловцов-мужчин. Оптимальное для пловцов соотношение между ЧГ и ДГ должно определяться на индивидуальной основе с учетом его антропометрических признаков, техники плавания, гибкости и координации [63].

Таблица 8 – Показатели частоты гребков (ЧГ), длины гребка (ДГ) и средней скорости с учетом различного темпа плавания [63, 78]

Темп плавания	Диапазон ЧГ	Диапазон ДГ	Скорость (м/с)
200 m	Male: 34,40 ± 3,58-37,52	Male: 1,96 ± 0,24-2,32 ± 0,37	Male: 1,16 ± 0,09-1,41 ± 0,07
200 m	Male: 34,80 ± 2,83-37,58 ± 4,90	Male: 1,92 ± 0,15-2,23 ± 0,18	Male: 1,14 ± 0,08-1,38 ± 0,09
200 m	Male: 35,7 ± 3,1– 37,9 ± 4,2	Male: 1,94 ± 0,17-2,18 ± 0,26	Male: 1,18 ± 0,02-1,33 ± 0,02
70% и 90% максимальной скорости	-	Male and female: 1,81 ± 0,33-2,78 ± 0,31	Male and female: 1,08 ± 0,11-1,37 ± 0,10
50 m, 100 m, 200 m	Male: 39,22 ± 3,23-51,91 ± 5,21	Male: 1,80 ± 0,26-2,15 ± 0,18	Male: 1,40 ± 0,10-1,53 ± 0,12
60%, 80% и 100% максимальной скорости	Male and female: 32,20 ± 3,43-42,58 ± 4,36	Male and female: 1,70 ± 0,17-1,90 ± 0,21	Male and female: 1,04 ± 0,13-1,20 ± 0,16
100 m	Male: 49,62 ± 4,04-53,28 ± 4,01	Male: 1,58 ± 0,13-1,71 ± 0,11	Male: 1,32 ± 0,06-1,51 ± 0,07
100 m	Male: 43,7 ± 5,6-46,8 ± 7,4 Female: 47,2 ± 8,4-49,7 ± 8,2	Male: 1,55 ± 0,24-1,64 ± 0,22 Female: 1,28 ± 0,22-1,39 ± 0,24	Male: 1,13 ± 0,07-1,24 ± 0,1 Female: 1,00 ± 0,08-1,11 ± 0,06
100 m 200 m	Male 100: 49,2 ± 5,4-51,0 ± 5,2 Female 100: 49,5 ± 5,8-49,7 ± 5,7 Male 200: 37,1 ± 4,5-43,0 ± 5,9 Female 200: 38,8 ± 5,3-43,4 ± 5,7	Male 100: 1,67 ± 0,17-1,85 ± 0,30 Female 100: 1,52 ± 0,18-1,63 ± 0,19 Male 200: 1,84 ± 0,25-2,22 ± 0,25 Female 200: 1,66 ± 0,21-1,89 ± 0,25	Male 100: 1,40 ± 0,06-1,49 ± 0,05 Female 100: 1,24 ± 0,07-1,33 ± 0,07 Male 200: 1,31 ± 0,12-1,41 ± 0,07 Female 200: 1,18 ± 0,06-1,27 ± 0,07
200 m	Male: 37,03 ± 4,38-43,26 ± 4,28	Male: 1,88 ± 0,19-2,28 ± 0,23	Male: 1,34 ± 0,05-1,46 ± 0,05

Примечания

1 Male – Мужчина.

2 Female – Женщина.

Эффективность плавания – это способность пловца сохранять заданную скорость движения за наименьшее количества гребков, может быть оценена путем определения индекса гребка (ИГ) равного произведению средней скорости на ДГ. Высокие показатели ИГ указывают высокую эффективность плавания. При этом пловец с наибольшей длиной гребка при заданной скорости обладает наилучшей эффективностью его выполнения. В качестве еще одного метода оценки эффективности плавания брассом применяется метод изменения внутрицикловой скорости (ИВС) (intracyclic velocity variation (IVV)) (формула (1)).

$$IVV = \frac{(\text{Max } L - \text{Min } L) + (\text{Max } A - \text{Min } T)}{V} \quad (1)$$

где

MaxL – максимальная скорость, достигаемая во время опорной (пропульсивной) фазы движений ногами;

MinL – минимальная скорость, достигаемая во время максимального сгибания в коленном суставе;

MaxA – максимальная скорость, достигаемая во время опорной (пропульсивной) фазы движений руками;

MinT – минимальная скорость, достигаемая во время скольжения тела.

Высокие значение ИВС свидетельствуют о недостаточной эффективности плавания. ИВС может быть уменьшено путем сокращения времени скольжения и последующего сокращения времени, затрачиваемого на фазу замедления. Данное сокращение времени скольжения может служить объяснением снижения ИВС при более высоких скоростях плавания, о котором сообщалось ранее.

При изучении цикла гребка брассом обычно используют две основные фазы: гребок руками и удар ногами (подтягивание и отталкивание). В каждой

фазе выделяют подфазы (таблица 9). Количество подфаз, описываемых в разных научных источниках, варьирует от 5 до 10. Данное расхождение обусловлено выбором разных точек цикла гребка для обозначения начала и конца каждой фазы. На подфазы чаще всего разделяется пропульсивная (опорная, рабочая) фаза и фаза подготовки.

Сравнение временных характеристик между заплывами на дистанции 50, 100 и 200 м выявило целый ряд различий. По сравнению с типичным циклом гребка на дистанции 200 м цикл гребка на дистанции 50 м характеризуется увеличением относительных показателей времени выполнения опорной фазы гребка руками, фазы подготовки (выноса) рук, опорной фазы удара ногами и фазы подтягивания ног. Между различными дистанциями заплывов также наблюдаются различия в фазах скольжения рук и ног, которые тем короче, чем меньше дистанция заплыва [79]. С уменьшением дистанции заплыва увеличивается длительность опорных фаз, а фазы скольжения сокращаются для преодоления более высоких сил сопротивления при более высоких скоростях. При этом уменьшается отрезки фазы скольжения, например при уменьшении дистанции заплыва от 200 до 50 м длина скольжения сокращается от $0,50 \pm 0,25$ м до $0,22 \pm 0,20$ м), а показателем относительно длины цикла гребка от $22,14 \pm 8,26\%$ до $11,10 \pm 5,0\%$).

Несмотря на общее сходство временных моделей цикла гребка брассистов элитного и неэлитного уровня, между ними существуют некоторые различия, например, в выполнении фазы восстановления ног номер один (период между окончанием скольжения ног и сгибанием голени в коленном суставе до угла 90° во время восстановления) при плавании на дистанции 200 м. Пловцы-мужчины элитного уровня обычно затрачивают большее количество времени на выполнение этой фазы по сравнению с пловцами неэлитного уровня ($14,20 \pm 5,06\%$ и $11,33 \pm 3,36\%$, соответственно).

Таблица 9 – Обобщение моделей фаз цикла гребка, применяемых в литературе по биомеханике плавания брассом [78-80]

Модель	Фазы гребка руками					Фазы удара (гребка) ногами				
1	Скольжение рук	Опорное движение руками	Толчок локтями	Подготовка 1	Подготовка 2	Опорное движение ногами	Движение ногами внутрь	Скольжение ног	Подтягивание 1	Подтягивание 2
2		Первое опорное действие руками	Второе опорное действие руками			Первое опорное действие ногами	Второе опорное действие ногами	Подтягивание		
3	Скольжение рук	Движение руками наружу	Движение руками внутрь	Подготовка 1	Подготовка 2	Опорная фаза движений ногами	Движение ногами внутрь	Скольжение ног	Подтягивание 1	Подтягивание 2
4	Опорная фаза движений руками			Фаза подготовки рук и ног		Опорная фаза движений ногами			Фаза задержки движений руками-ногами	
5	Первое опорное действие руками		Второе опорное действие руками			Первое опорное действие ногами		Второе опорное действие ногами	Подтягивание	
6	Опорный гребок руками			Подготовительный гребок руками		Опорный удар ногами			Подготовительный удар ногами	
7	Гребок руками			Подготовка рук		Удар ногами			Подтягивание ног	
8	Скольжение рук	Опорное движение руками	Толчок локтями	Подготовка 1	Подготовка 2	Опорное движение ногами	Движение ногами внутрь	Скольжение ног	Подтягивание 1	Подтягивание 2
9	Скольжение	Движение наружу	Движение внутрь	Подготовка 1	Подготовка 2	Опорное движение	Движение внутрь	Скольжение	Подтягивание 1	Подтягивание 2
10	Скольжение	Движение наружу	Движение внутрь	Подготовка 1	Подготовка 2	Опорное движение	Движение внутрь	Скольжение	Подтягивание 1	Подтягивание 2
11	Опорное движение верхних конечностей			Замедление движения		Опорное движение нижних конечностей			Скольжение	
12	Скольжение	Движение наружу	Движение внутрь	Подготовка	Пронос	Подъем и скольжение	Подтягивание			

Это обусловлено пропорциональным сокращением фазы скольжения ног или большей амплитудой сгибания в коленном суставе во время фазы подтягивания ног у пловцов элитного уровня. У пловчих элитного уровня по сравнению с со спортсменками низкой квалификации фазы движения ногами вовнутрь была более продолжительной ($11,55 \pm 2,09\%$ и $9,30 \pm 0,83\%$ на дистанции 50 м; $11,63 \pm 1,55\%$ и $9,38 \pm 0,80\%$ на 100 м, соответственно), а фазы скольжения ног менее продолжительной ($46,53 \pm 3,55\%$ и $53,29 \pm 5,71\%$ на дистанции 100 м; $49,44 \pm 4,60\%$ и $56,04 \pm 6,25\%$ на 200 м, соответственно). Пловцы элитного уровня преодолевают большую дистанцию во время каждой фазы цикла гребка по сравнению с пловцами низкой квалификации. Это обусловлено способностью пловцов элитного уровня сохранять обтекаемое положение одной пары конечностей во время опорной фазы движения другой пары конечностей, а также служить высоким ускорением, во время опорных фаз [78].

Брассисты мужского пола обычно имеют более длительные опорные фазы и короткие фазы скольжения рук по сравнению с женщинами при такой же интенсивности плавания [79]. Мужчины с учетом морфологических особенностей могут генерировать более высокую механическую мощность по сравнению с пловцами женского пола и используют более длительные опорные (пропульсивные) фазы для ее максимальной реализации. При этом высокое содержание жировой ткани у пловцов женского пола способствует снижению энергетических затрат, необходимых для поддержания горизонтального положения во время фаз скольжения.

Для описания и оценки координационных моделей брассистов обычно используют два метода. В основе первого метода лежит измерение определенных интервалов времени между выполнением определенных движений цикла гребка. Различными коллективами исследователей были разработаны три модели определения интервалов времени цикла гребка в брассе (таблица 10).

Таблица 10 – Интервалы времени между выполнением движений цикла гребка в брасе [78]

Интервал времени	Модель Seifert L., Chollet D. (2005)	Модель Oxford S.W. с соав. (2017)	Модель Takagi H. с соав. (2004)
Время между окончанием отталкивания ногами и началом гребка руками	T1a	CP1	Время одновременного (толчка) движения
Время между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками	T1b	-	-
Время между началом восстановления рук и началом восстановления ног	T2	-	-
Время между завершением восстановления рук и завершением восстановления ног	T3	-	-
Время между сгибанием рук на 90° во время восстановления и сгибанием ног на 90° во время восстановления	T4	-	-
Время между началом отталкивания ногами и началом гребка руками	-	Время запаздывания рук	Процент времени запаздывания рук
Время между окончанием гребка руками и началом отталкивания ногами	-	CP2	Время одновременного восстановления
Определение фаз координации	% от общей продолжительности отталкивания ногами	% от общей продолжительности гребка	% от общей продолжительности гребка

Среди них наибольшей известностью пользуется модель, разработанная Seifert and Chollet, которая применяется для оценки координации в течение пяти интервалов времени. При использовании данного метода были выделены три режима координации. Классификация каждого режима координации осуществлялась в зависимости от продолжительности промежутка времени $T1_b$:

– когда период между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками ($T1_b$) более нуля, наблюдается координационный режим скольжения. Это означает, что движение рук наружу начинается после выполнения фазы движения ног внутрь;

– режим противоположения (оппозиции) или непрерывной координации имеет место, когда период между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками ($T1_b$) равен нулю;

– режим наложения (суперпозиции) или частичного совпадения (перекрывания) применяется, когда период между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками ($T1_b$) меньше нуля. Это значит, гребок руками наружу начинается одновременно или перед выполнением движения ногами внутрь.

Координационные паттерны отличаются в заплывах на разные дистанции. По мере уменьшения дистанции от 200 до 50 м продолжительность промежутка времени $T1$ сокращается. Подобная временная модель отсутствует для промежутков $T2$, $T3$ и $T4$. Во время этих интервалов времени координационные паттерны не отличаются в заплывах на разные дистанции. Сокращение промежутка $T1$ указывает на сдвиг в сторону непрерывного или частично совпадающего координационного режима по мере уменьшения дистанции заплыва. Данный сдвиг можно рассматривать в качестве положительного фактора, поскольку он способствует сохранению более высокой средней скорости по причине сокращения изменения внутрицикловой скорости (ИВС). Поэтому эти координационные режимы считаются наиболее экономичными. При этом на режимах непрерывной или частично совпадающей координации часто наблюдается увеличение ЧГ и уменьшение ДГ. Временные фазы и метод временных интервалов применяются для оценки доли опорной (рабочей) части цикла гребка от общего времени его выполнения – «index of flat breaststroke propulsion» (IBFP) – индекс плоского движения в брассе), рассчитывается с применением комбинации показателей времени опорной фазы движений ногами, опорной фазы движений руками, времени толчка локтями и промежутков времени $T1a$, $T2$ и $T3$. Показатель IBFP возрастает с уменьшением дистанции заплыва у пловцов женского пола. И хотя пловцы мужского пола сохраняют сходные показатели IBFP на всех дистанциях заплывов, все эти показатели продолжают оставаться более высокими, чем у пловцов женского пола [78].

В основе второго метода оценки применяемых брассистами типов координации лежит анализ углов движения в локтевом и коленном суставах. Данный метод continuous relative phase (CRP) – метод непрерывной

относительной фазы, использует показатели движения в суставах и угловой скорости для расчета фазовых углов сгибания/разгибания в суставах. При использовании этого метода выделяются два режима координации: внутрифазовый и противофазовый. Внутрифазовая координация наблюдается, когда $-30^\circ < CRP < 30^\circ$, и указывает на то, что обе пары конечностей выполняют одинаковое движение (либо сгибание, либо разгибание). Противофазовая координация наблюдается, когда $-180^\circ < CRP < -150^\circ$ и $150^\circ < CRP < 180^\circ$, и указывает, что каждая пара конечностей выполняет противоположное движение (одна пара выполняет сгибание, а другая пара разгибание). Характеристики CRP отдельных спортсменов отличаются в зависимости от уровня их квалификации. Брассисты элитного уровня обычно демонстрируют более низкие показатели относительной фазы при максимальном сгибании ног по сравнению с пловцами-любителями. При этом пловцы элитного уровня максимально разгибают руки в локтевых суставах раньше, чем пловцы-любители при аналогичной интенсивности физической нагрузки. Брассистов высокой квалификации отличают более низкие показатели CRP по сравнению с пловцами любителями. То есть пловцы элитного уровня полностью разгибают руки в локтевом и ноги в коленном суставах во время фазы скольжения. Напротив, пловцы рекреационного уровня допускают небольшое сгибание в локтевом и коленном суставах в течение данной фазы и, следовательно, величина показателей CRP у них выше [78].

Типичная кривая времени-скорости во время цикла гребка в плавании брассом характеризуется двумя максимумами и двумя минимумами (рисунок 6). График времени-скорости достигает своего первого минимума при максимальном сгибании ног. После этого следует увеличение скорости до максимума, которое происходит при разгибании ног. По окончании разгибания ног график времени-скорости снижается падение до того момента, как руки начинают опорную (пропульсивную) фазу движения. Во время опорной фазы движений руками кривая достигает второго максимума перед тем, как опять начать двигаться вниз во время восстановительных фаз движений руками и ногами.

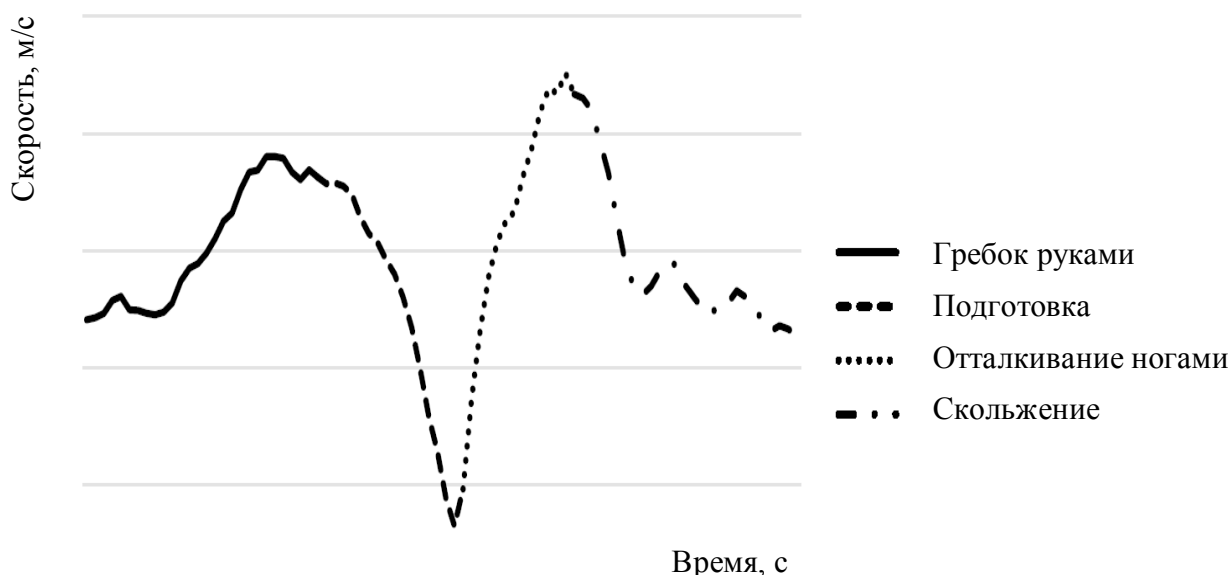


Рисунок 6. График времени-скорости цикла гребка в плавании брассом [78]

Достижение максимальных точек (пиков) скорости связано с выполнением опорных фаз гребка руками и удара ногами, при этом данные показатели достигают сходной величины при субмаксимальной интенсивности физической нагрузки ($0,66 \pm 0,11$ м/с и $0,68 \pm 0,14$ м/с, соответственно). Минимумы скорости, наблюдаемые во время фаз восстановления и скольжения, отличаются по величине при одинаковой интенсивности физической нагрузки. При этом во время восстановления (выноса) конечностей скорость значительно меньше (и имеет отрицательное значение), чем во время фазы скольжения ($-1,24$ м/с $\pm 0,13$ и $0,09$ м/с $\pm 0,10$, соответственно). Характеристики скорости во время цикла гребка в плавании брассом проявляют высокую степень корреляции с результатами заплывов. Поэтому пловцы должны стремиться к сокращению замедления во время фазы скольжения и постараться, чтобы ускорение, развиваемое во время опорной фазы движений ногами, было направлено вдоль горизонтальной оси в целях улучшения времени заплыва на 50 м.

Нервно-мышечная активации в различные фазы цикла гребка в бросе существенно отличается. Например, трехглавая мышца плеча «tricepsbrachii» (ТВ), двуглавая мышца плеча «bicepsbrachii» (ВВ) и большая грудная мышца «pectoralismajor» (РМ) наиболее активны во время фазы гребка руками.

Напротив, наибольшая нейромышечная активация во время фазы отталкивания ногами наблюдается в икроножной мышце «gastrocnemius» (GAS), передней большеберцовой мышце «tibialis anterior» (TA), прямой мышце бедра «rectus femoris» (RF), трапецевидной мышце «trapezius» (TRA) и двуглавой мышце бедра «biceps femoris» (BF). Цикл гребка начинается с активации трехглавых мышц плеча. Ее активация приводит к движению кистей рук в разные стороны в начале фазы гребка руками. По окончании движения кистей рук происходит активация двуглавых мышц плеча и больших грудных мышц во время фазы гребка руками внутрь для увеличения движущей силы рук. В это время также активируются трапецевидные мышцы для обеспечения последующей фазы восстановления рук. Активация трапецевидных мышц во время восстановления рук проявляется в комбинации с активацией двуглавых мышц бедра и икроножных мышц, которая сигнализирует о начале фазы восстановления ног. Эти мышцы находятся в состоянии активации вплоть до максимального сгибания в коленном суставе. Прямые мышцы бедра остаются неактивными на протяжении данной фазы. Как только происходит максимальное сгибание в коленном суставе, начинается фаза отталкивания ногами. В начале этой фазы наблюдается высокий уровень активации двуглавых мышц бедра, прямых мышц бедра и передних большеберцовых мышц. Передние большеберцовые мышцы в этот момент времени отвечают за контроль разгибания («тыльного сгибания») стопы в голеностопном суставе и расположение стоп, способствующее максимальному продвижению вперед. Созданию движущей силы во время данной фазы также способствует активация двуглавых мышц бедра, прямых мышц бедра, обеспечивающая сильное разгибание в коленном суставе. Во время последней части опорной фазы движений ногами усиливается активация икроножных мышц и большеберцовых мышц в процессе подготовки к сгибанию («подошвенному сгибанию») стоп, которое требуется для эффективного скольжения. В течение данного периода времени трапецевидные мышцы сохраняют свою активность, поддерживая обтекаемое положение верхней части тела [78, 81, 82].

Брассисты элитного уровня обычно используют модель положительного распределения темпа. Этот профиль характеризуется снижением скорости плавания во время каждого последовательного 50-метрового отрезка. Положительные профили распределения темпа часто применяются пловцами на дистанциях 100 и 200 м [83]. По сравнению со стратегией равномерного распределения (одинаковая скорость плавания на последовательных 50-метровых отрезках), использование стратегии положительного распределения темпа вызывает постнагрузочное повышение концентрации лактата в крови и оценки индивидуального восприятия нагрузки. Это обусловлено высокой интенсивностью нагрузки во время начальных этапов заплыва и последующим накоплением лактата. Применение стратегии положительного распределения темпа также способствует повышению ЧГ на протяжении первой половины заплыва по сравнению со стратегией равномерного распределения темпа. Учитывая повышенные затраты энергии, связанные с увеличением ЧГ, стратегия положительного распределения темпа приводит к увеличению общих энергозатрат во время заплыва. Поэтому использование стратегии равномерного распределения темпа может замедлить наступление утомления у брассистов. Пловцы, способные к поддержанию или сохранению резервов скорости для преодоления заключительного отрезка дистанции, показывают лучшие результаты по сравнению с пловцами, которые используют наиболее высокую скорость во время первого 50-метрового отрезка. Таким образом положительный профиль распределения темпа, чаще всего используемый во время заплывов брассом, не обеспечивает наибольших преимуществ при достижении цели минимизации общего времени заплыва [78].

Для плавания брассом характерны толчкообразные пропульсивные фазы движений ног, чередующиеся с фазами скольжения всего тела, и высокий уровень вариации внутрицикловой скорости. Поэтому пловцы-брассисты элитного уровня должны обладать оптимальной координацией движений верхних и нижних конечностей для сохранения скорости в фазе скольжения и преодоления большой инерции по сравнению с другими стилями спортивного плавания [84].

Брассисты используют особое волнообразное движение туловища для повышения эффективности плавания, поскольку оно позволяет уменьшить изменчивость скорости внутри цикла и тем самым снизить силы инерции, которые необходимо преодолеть перед началом пропульсивной фазы движения [85]. Пловцы, не обладающие достаточной гибкостью позвоночника используют так называемый «плоский стиль» брасса, требующий больших усилий при преодолении дистанции. Гибкость нижних конечностей также в брассе важна при выполнении мощного отталкивания ногами. Для создания максимальной силы во время фазы разгибания ног пловцы должны обладать хорошей способностью к выполнению внутренней ротации (вращения) в тазобедренном суставе, наружной ротации в коленном суставе, тыльного сгибания и выворота наружу стопы в голеностопном суставе. При этом наибольшее влияние на время удара ногами при выполнении заплыва на 100 м брассом оказывала наружная (внешняя) ротация в коленном суставе [84].

К другим физическим характеристикам, определяющим эффективность плавания брассом, относятся измеряемые на суше сила-мощность и выносливость мышц, которые, как считается, оказывают влияние на стиль плавания, длину гребка (ДГ) и частоту гребков (ЧГ).

Nicol E. с соав. [84] представлены обновленные данные по амплитуде движений, силе-мощности и антропометрическим характеристикам пловцов брассом элитного уровня (таблицы 11, 12), которые указывают на высокую корреляцию между показателями силы-мощности на суше и кинематическими параметрами пловцов во время плавания в темпе заплывов на 200 м, 100 м и в максимальном темпе.

Таблица 11 – Характеристики частоты гребков (ЧГ), длины гребка (ДГ) и скорости у пловцов брассом элитного уровня (11 пловцов: 6 жен., 5 муж, возраст 23 года) [84]

Параметр	Мужчины	Женщины
ЧГ в темпе заплыва на 200 м, циклов/мин	35,60 (4,36)	33,85 (4,61)
ЧГ в темпе заплыва на 100 м, циклов/мин	46,10 (2,25)	42,43 (6,39)
Максимальная ЧГ, циклов/мин	53,00 (2,97)	46,55 (5,04)
ДГ в темпе заплыва на 200 м, м	2,16 (0,21)	2,01 (0,21)
ДГ в темпе заплыва на 100 м, м	1,81 (0,11)	1,75 (0,16)
Максимальная ДГ, м	1,62 (0,11)	1,60 (0,08)
Скорость в темпе заплыва на 200 м, м/с	1,27 (0,09)	1,12 (0,05)
Скорость в темпе заплыва на 100 м, м/с	1,38 (0,08)	1,22 (0,08)
Максимальная скорость, м/с	1,43 (0,07)	1,24 (0,08)
Скорость пропульсивного (опорного) гребка руками в темпе заплыва на 200 м, м/с	1,41 (0,12)	1,23 (0,07)
Скорость пропульсивного гребка руками в темпе заплыва на 100 м, м/с	1,57 (0,09)	1,39 (0,11)
Максимальная скорость пропульсивного гребка руками, м/с	1,64 (0,12)	1,43 (0,09)
Скорость при задержке пропульсивного движения в темпе заплыва на 200 м, м/с	0,67 (0,10)	0,57 (0,11)
Скорость при задержке пропульсивного движения в темпе заплыва на 100 м, м/с	0,70 (0,12)	0,58 (0,07)
Максимальная скорость при задержке пропульсивного движения, м/с	0,68 (0,09)	0,61 (0,12)
Скорость гидродинамического сопротивления в темпе заплыва на 200 м, м/с	0,73 (0,18)	0,52 (0,12)
Скорость гидродинамического сопротивления в темпе заплыва на 100 м, м/с	0,73 (0,33)	0,56 (0,13)
Максимальная скорость гидродинамического сопротивления, м/с	0,61 (0,23)	0,44 (0,21)
Скорость пропульсивного толчка ногами в темпе заплыва на 200 м, м/с	1,54 (0,10)	1,39 (0,09)
Скорость пропульсивного толчка ногами в темпе заплыва на 100 м, м/с	1,61 (0,13)	1,46 (0,09)
Максимальная скорость пропульсивного толчка ногами, м/с	1,59 (0,09)	1,41 (0,09)
Скорость скольжения в темпе заплыва на 200 м, м/с	1,29 (0,16)	1,22 (0,06)
Скорость скольжения в темпе заплыва на 100 м, м/с	1,52 (0,07)	1,31 (0,07)
Максимальная скорость скольжения, м/с	1,52 (0,19)	1,36 (0,10)

Таблица 12 – Результаты описательного анализа амплитуды движений, измеряемых на суше силы-мощности и антропометрических характеристик пловцов брассом элитного уровня [84]

Параметр	Мужчины	Женщины
Вес, кг	86,68 (7,78)*	65,50 (3,61)
Максимальная сила приводящих мышц, Н	867,20 (119,80)	687,96 (151,69)
Средняя скорость подтягиваний до уровня подбородка, м/с	1,05 (0,10)*	0,76 (0,17)
Высота прыжка вверх с приседом (CMJ) (момент импульса), см	42,96 (8,23)*	30,67 (5,07)
Средняя концентрическая сила при выполнении прыжка вверх приседом (CMJ), Н	1672,00 (214,56)*	1137,67 (68,50)
Импульс концентрической силы при выполнении прыжка вверх приседом (CMJ), Н/с	251,94 (37,02)*	164,86 (13,48)
Внутренняя ротация слева при отведении, °	149,40 (15,31)	151,67 (8,16)
Ротация грудной клетки слева, °	75,60 (7,37)	71,33 (18,61)
Наружная ротация большеберцовой кости слева,	50,00 (8,16)	45,67 (9,42)
Наружная ротация большеберцовой кости с внутренней ротацией в тазобедренном суставе слева, °	88,00 (6,68)	92,33 (13,40)
Разгибание в тазобедренном суставе слева, °	0,75 (3,86)	–4,33 (7,06)
Наружная ротация в плечевом суставе слева, °	92,50 (5,00)	91,17 (8,84)
Внутренняя ротация плеча (в плечевом суставе) слева, °	64,20 (18,12)	66,67 (15,06)
Сгибание хамстрингов слева, °	75,00 (11,73)	85,00 (9,49)
Подошвенное сгибание в голеностопном суставе слева, °	170,75 (11,35)	174,33 (4,93)
Комбинированный элевационный тест (тест высоты), °	5,20 (5,85)	4,00 (5,25)
Внутренняя ротация бедра (в тазобедренном суставе) слева, °	38,00 (2,16)	46,17 (9,58)
Рост, см	189,90 (5,98)*	173,35 (3,64)
Рост в положении сидя, см	97,20 (3,12)*	90,25 (1,55)
Длина плеча (Acromiale radiale), см	28,20 (0,86)*	25,33 (1,48)
Длина предплечья (Radiale stylium), см	28,20 (0,86)*	25,33 (1,48)
Длина кисти (Mid stylium dactylium), см	21,62 (1,00)*	19,78 (0,85)
Высота самой верхней наружной точки большого вертела бедренной кости (Trochanterion), см	98,46 (4,26)*	90,93 (3,53)
Длина от самой верхней наружной точки большого вертела бедренной кости до наружной верхнеберцовой точки (Trochanterion tibiale laterale), см	47,36 (2,52)	45,55 (2,69)
Высота наружной верхнеберцовой точки (tibiale laterale), см	51,82 (2,52)*	45,97 (1,91)
Длина стопы, см	28,54 (0,44)*	26,12 (1,44)

Примечание - * P< 0,05.

При этом Высокая корреляция чаще отмечается при плавании брассом в темпе заплыва на 100 м и в максимальном темпе, по сравнению с плаванием в темпе на дистанции 200 м.

Эффективность выполнения пропульсивного гребка руками связана с параметрами силы мышц верхней части тела, а эффективность выполнения пропульсивного толчка ногами – с параметрами силы мышц нижней части тела. Также имеется сильная взаимосвязь между эффективностью подтягивания на перекладине и ЧГ только у пловцов женского пола. Вместе с тем в других исследованиях взаимосвязь этих показателей наблюдалась как у мужчин, так и у женщин. Данная сильная взаимосвязь также проявляется у пловчих при плавании в темпе 200 м дистанции и в максимальном темпе. Высокая корреляция между ДГ и высотой прыжка с приседом (CMJ) наблюдается у пловцов мужского пола при плавании в темпе заплыва на 100 м и в максимальном темпе. При этом чем больше ДГ, тем больше высота прыжка с приседом (CMJ).

Е. Nicols соав. [84] применили аналитические модели наилучшего соответствия, которые объясняли до 87% дисперсии между параметрами силы-мощности на суше и пропульсивной скоростью в бросе. Модели, которые позволяют объяснять высокую долю дисперсии ($R^2 > 0,70$), рекомендуется применять в качестве показателя предполагаемой средней скорости плавания (таблицы 13, 14).

Эффективное моделирование взаимосвязи между скоростью во время разных фаз выполнения гребка и показателями силы-мощности брассистов на основе использования прогностических уравнений является основой для проведения сравнительного анализа прогнозируемых и текущих показателей скорости. Например, если прогноз превышает реальную скорость плавания – это указывает на недостаточную эффективность выполнения соответствующей пропульсивной фазы гребка и на наличие технических ошибок [84].

Таблица 13– Регрессионные модели, описывающие взаимосвязь между показателями силы-мощности на суше и пропульсивной скоростью у брассистов женского пола [84]

Пропульсивные фазы	Показатель силы мышц	Темп	R2	Остаточная стандартная ошибка	Модель уравнения
Гребок руками (опорный)	Средняя скорость подтягиваний до уровня подбородка	200 м	.33	0.08	$y = 0.08x^2 + 0.05x + 1.23$
		100м	.82	0.06	$y = 0.14x^2 + 0.17x + 1.39$
		Макс.	.70	0.06	$y = 0.10x^2 + 0.13x + 1.43$
	Высота прыжка вверх с приседом (CMJ)	200 м	.54	0.06	$y = 0.08x^2 + 0.08x + 1.23$
		100м	.71	0.07	$y = 0.13x^2 + 0.16x + 1.39$
		Макс.	.67	0.07	$y = 0.09x^2 + 0.14x + 1.43$
	Максимальная сила приводящих мышц	200 м	.20	0.08	$y = -0.06x^2 + 0.03x + 1.23$
		100м	.19	0.13	$y = -0.10x^2 + 0.01x + 1.39$
		Макс.	.21	0.10	$y = -0.08x^2 + 0.04x + 1.43$
Толчек ногами	Средняя скорость подтягиваний до уровня подбородка	200 м	.23	0.10	$y = 0.08x^2 + 0.05x + 1.39$
		100м	.34	0.09	$y = -0.03x^2 + 0.11x + 1.46$
		Макс.	.13	0.12	$y = -0.01x^2 + 0.08x + 1.41$
	Высота прыжка вверх с приседом (CMJ)	200 м	.87	0.04	$y = 0.15x^2 + 0.10x + 1.39$
		100м	.39	0.09	$y = 0.01x^2 + 0.12x + 1.46$
		Макс.	.67	0.07	$y = 0.09x^2 + 0.16x + 1.41$
	Максимальная сила приводящих мышц	200 м	.13	0.11	$y = 0.02x^2 + 0.07x + 1.39$
		100м	.53	0.08	$y = -0.02x^2 + 0.14x + 1.46$
		Макс.	.56	0.09	$y = 0.01x^2 + 0.17x + 1.41$

Таблица 14– Регрессионные модели, описывающие взаимосвязь между показателями силы-мощности на суше и пропульсивной скоростью у брассистов мужского пола [84]

Пропульсивные фазы	Показатель силы мышц	Темп	R2	Остаточная стандартная ошибка	Модель уравнения
Гребок руками (опорный)	Средняя скорость подтягиваний до уровня подбородка	200 м	.33	0.08	$y = 0.08x^2 + 0.05x + 1.23$
		100м	.82	0.06	$y = 0.14x^2 + 0.17x + 1.39$
		Макс.	.70	0.06	$y = 0.10x^2 + 0.13x + 1.43$
	Высота прыжка вверх с приседом (CMJ)	200 м	.54	0.06	$y = 0.08x^2 + 0.08x + 1.23$
		100м	.71	0.07	$y = 0.13x^2 + 0.16x + 1.39$
		Макс.	.67	0.07	$y = 0.09x^2 + 0.14x + 1.43$
	Максимальная сила приводящих мышц	200 м	.20	0.08	$y = -0.06x^2 + 0.03x + 1.23$
		100м	.19	0.13	$y = -0.10x^2 + 0.01x + 1.39$
		Макс.	.21	0.10	$y = -0.08x^2 + 0.04x + 1.43$
Толчек ногами	Средняя скорость подтягиваний до уровня подбородка	200 м	.23	0.10	$y = 0.08x^2 + 0.05x + 1.39$
		100м	.34	0.09	$y = -0.03x^2 + 0.11x + 1.46$
		Макс.	.13	0.12	$y = -0.01x^2 + 0.08x + 1.41$
	Высота прыжка вверх с приседом (CMJ)	200 м	.87	0.04	$y = 0.15x^2 + 0.10x + 1.39$
		100м	.39	0.09	$y = 0.01x^2 + 0.12x + 1.46$
		Макс.	.67	0.07	$y = 0.09x^2 + 0.16x + 1.41$
	Максимальная сила приводящих мышц	200 м	.13	0.11	$y = 0.02x^2 + 0.07x + 1.39$
		100м	.53	0.08	$y = -0.02x^2 + 0.14x + 1.46$
		Макс.	.56	0.09	$y = 0.01x^2 + 0.17x + 1.41$

В отличие от кроля, баттерфляя, плавания на спине, в которых главную роль играет волнообразное движение ногами (удар дельфина), подводная фаза в брассе требует от пловцов выполнения сразу нескольких технических элементов: первое скольжение, один удар дельфина, подтягивание руками, второе скольжение, восстановление конечностей и тяговое движение ногами. Движение, выполняемое после первого скольжения, называется подтягивание («pull-out») [64, 83].

GonjoT. с соав. [83] исследовали различия между пловцами-бассистами разной квалификации на отдельных этапах дистанции 100 м с учетом данных о временных рядах скорости. При этом вход головы в воду после старта рассматривался как мгновение, когда вертикальная координата головы изменяла свое значение с положительного на отрицательное. Продолжительность времени от стартового сигнала до входа головы во время 1-ого 25-метрового отрезка бассейна определялась как время полета, а время поворота (время от касания руками до времени контакта ног при выполнении поворота) во время 2-ого, 3-его и 4-ого отрезков рассчитывалось с помощью электронных сигналов, регистрируемых системой хронометража. Дистанция полета также измерялась на основе горизонтального перемещения головы за время полета. Каждый отрезок бассейна подразделялся на сегменты скольжения, подтягивания и дистанционного плавания, с учетом различных способов перемещения: пассивное перемещение в воде, активное перемещение в воде и активное перемещение на поверхности воды или вблизи от нее. Сегмент скольжения определялся от входа головы в воду после старта (1-ый отрезок) или от отталкивания от стенки бассейна (2-4 отрезки) до первого ускорения головы после этих последовательностей движений. Сегмент подтягивания начинался в конце сегмента скольжения и заканчивался, когда пловец начинал направленное назад движение кисти руки для выполнения первого цикла поверхностного плавания (гребок, выполняемый при переходе от подводной фазы к фазе поверхностного плавания), которое фиксировалось модулем обработки изображений системы AIM. Сегмент дистанционного

плавания определялся как остаток заданного отрезка бассейна. У всех участников настоящего исследования первое ускорение после старта и поворота (начало движения подтягивания) соответствовало началу удара дельфина.

Полученные Gonjo T. с соав. [83] данные свидетельствуют, что для пловцов элитного уровня характерны более высокие показатели скорости во время дистанционного плавания и скольжения. Пловцы высокого класса проплывают все отрезки дистанционного плавания с большей скоростью по сравнению с пловцами субэлитного уровня. С другой стороны, между пловцами обеих групп не обнаруживаются статистически значимые различия в показателях сегмента подтягивания. Так же у пловцов элитного уровня отмечается более высокая скорость (приблизительно на 20-40%) во время сегмента скольжения после старта, а также после поворотов по сравнению с пловцами субэлитного уровня. Новым важным результатом является обнаружение того, что при более высокой средней скорости дистанционного плавания пловцов элитного уровня, в начале данного сегмента (до 5-17% времени) между группами разной квалификации отсутствовали различия в скорости плавания [83].

4. МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПЛАВАНИИ

Эффективная энергетика спортивной деятельности имеет большое значение именно в циклических видах спорта. В плавании на короткие дистанции результативность зависит от характеристик силы и мощности, которые спортсмен способен развить во время перемещения в воде. На спринтерских дистанциях спортсмены используют в разной степени все три энергетические системы: фосфагенная (5-80%), гликолитическая (2-80%) и аэробная (2-54%). Во время заплывов на требующие выносливости дистанции вклад различных систем энергообеспечения составляет: 0-30% – фосфагенной системы, 10-65% – гликолитической системы и 5-90% – аэробной системы. Доминирующая роль анаэробных процессов и высокие требования к уровню силовой подготовленности для пловцов-спринтеров обуславливают необходимость проведения силовых тренировок вне бассейна (в тренажерном зале) [6].

Эффективность и результативность плавания на длинные дистанции зависит от уровня взаимосвязи между скоростью и показателями МПК и КЛК. У юных спортсменов эффективность плавания также определяется взаимосвязями с соматометрическими показателями, например, процентное содержание жира в организме и безжировая масса тела. При этом было более низкий процент жира способствует снижению силы гидродинамического сопротивления в воде. Безжировая масса может связана с показателями силы и мощности, которые являются основными факторами прогнозирования результативности плавания. Хорошо известно, что комбинация аэробных и анаэробных возможностей высокого уровня, большой силы и мощности, а также подходящих антропометрических параметров обеспечивает достижение высокого уровня работоспособности и результативности соревновательной деятельности в плавании. Анаэробная мощность относится к важным факторам, определяющим эффективность плавания, особенно, если речь идет о выполняемых с максимальным усилием спринтерских заплывах. Аэробные

способности юных пловцов имеют большее значение в плавании на длинные дистанции, поскольку критическая скорость и максимальное потребление кислорода в большей степени определяют результативность заплывов на 200 и 400 м. В ходе проведения многочисленных исследований было продемонстрировано влияние на эффективность плавания юных пловцов целого ряда параметров – как антропометрических, так и физических способностей, включая длину верхних конечностей, мощность мышц ног и силу хвата, индекс гребка, размах рук и пиковое потребление кислорода (ППК), рост в положении сидя, аэробную скорость и выносливость, а также индекс эффективности плавания. При этом потенциальными факторами, вызывающими повышение анаэробной мощности и эффективности плавания служат масса тела, рост, ширина кисти и биакромиальное расстояние (ширина плеч) [6].

Острое увеличение концентрации лактата в крови (КЛК) вызывает снижением физической работоспособности, поскольку ацидоз приводит к нарушению сократительной способности мышечных клеток. Лактатный порог является параметром, характеризующим аэробную способность пловца, при этом повышение лактатного порога связано со способностью выполнять работу более высокой интенсивности при одной и той же КЛК. При этом взаимосвязь скорости или интенсивности работы с лактатным порогом является важным показателем эффективности плавания, а поддержание высокой скорости плавания при лактатном пороге определяет уровень работоспособности и результативности соревновательной деятельности пловцов. Потребление кислорода и связанные с ним показатели также считаются одним из важнейших факторов достижения успеха в спортивном плавании, особенно на средние и длинные дистанции, во время которых вклад аэробной системы в энергообеспечение организма спортсмена может достигать 90%. Пиковое потребление кислорода (ППК) напрямую связано с максимальным потреблением кислорода (МПК), при котором регистрируется наивысший для данного спортсмена показатель ПК. Оценка МПК является более надежным

фактором, определяющим эффективность плавания, на основе его статистически значимые взаимосвязи с результатами плавания [6].

Критическая скорость выступает в роли показателя аэробного порога в плавании, который учитывает как энергетические возможности, так и эффективность выполнения гребков. У пловцов, специализирующиеся на дистанции 200 м отмечаются более высокие показатели критической скорости по сравнению с соревнующимися на дистанции 100 м пловцами. Таким образом аэробные возможности большее значение во время более продолжительных заплывов. Например, согласно оценкам специалистов вклад разных систем энергообеспечения во время заплыва на 100 м вольным стилем составляет 55% для анаэробной системы и 45% для аэробной системы, в то время как на дистанции 200 м на анаэробную систему приходится 35%, а на аэробную 65% производства энергии.

Предполагается, что, с одной стороны, повышенное содержание жира в организме обеспечивает плавучесть тела, улучшая эффективность плавания, с другой стороны, более высокий % жира обуславливает повышение площади поверхности тела, что увеличивает действие сил сопротивления на тело пловца [20]. Исходя из этого, пловцы женского пола имеют преимущества в эффективности плавания, связанные с повышенным содержанием жира в организме [86], в то время как у мужчин связь между данными параметрами остается неясной. На эффективность плавания также может оказывать отрицательное воздействие сильное увеличение безжировой массы тела (БЖМТ), увеличивая площадь поверхности тела и силы сопротивления [20]. При этом увеличение мышечной массы в плавании является эффективной стратегией повышения спортивных результатов, которая позволяет не учитывать увеличение площадью поверхности тела [6].

5. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА В ПЛАВАНИИ

Современные тенденции построения тренировочного процесса в плавании.

В научной литературе представлены следующие наиболее распространенные среди тренеров варианты планирования соревновательного сезона пловцов элитного уровня, учитывающие применение 1 или 2 макроциклов, например: 4 мезоцикла в рамках одного макроцикла или 4-6 мезоциклов при выделении двух макроциклов. На основе принципов индивидуального подхода и иерархической структуры содержания тренировок система годичного цикла подготовки пловца мирового класса, специализирующегося в индивидуальном комплексном плавании на 400 м, строится из 3 макроциклов по 3 мезоцикла в каждом с учетом трех главных соревнований сезона. Каждый макроцикл состоит из общеподготовительного, специальноподготовительного и соревновательного мезациклов. При этом их продолжительность в первом макроцикле составляет 6, 10 и 2 недели, соответственно; во втором – 4, 7 и 3 недель, в третьем – 3, 10 и 4 недель, а также 3 переходных периода по 1 недели. Во время первого макроцикла основное внимание уделяется повышению уровня общей физической подготовленности и развитию аэробной мощности, во втором – повышению как аэробной мощности, так и анаэробного (лактатного) порога (при объеме тренировок в воде более 50 км в неделю), в третьем – улучшению технической и физической подготовленности пловца и достижению пика спортивной работоспособности во время Чемпионата Европы. При этом недельный объем тренировок в воде составляет 25-79 км в неделю в первом макроцикле, 24-87 км в неделю – во втором, 25-90 км в неделю – в третьем. Применение более высокого тренировочного объема, по сравнению с ранее представленными научными данными, способствует повышению технической эффективности плавания, за счет проведения дополнительных тренировочных занятий. Таким

образом приоритетом в данном направлении является сохранении прогресса уровня подготовленности пловца, достигнутого во время предыдущих макроциклов, обеспечивая фундамент и стимулы для запланированного повышения уровня подготовленности. Для более эффективного решения задач каждого тренировочного макроцикла используется чередование высотных тренировок и подготовки на уровне моря. При этом продолжительность традиционной подготовки на уровне моря между первыми и вторыми тренировочными высотными сборами составляет 6 недель, между вторым и третьим – 3 недели, а между третьим и четвертым – 11 недель, учитывая близость важных соревнований. Важно отметить, что после пребывания в последнем высокогорном лагере проходит всего лишь три недели до главного соревнования сезона.

20-недельный макроцикл подготовки пловцов высокой квалификации, предусматривает выполнение 10 специальных тренировок по плаванию в течение 6 дней, а также силовых тренировок 2-3 раза в неделю. При этом во время первого периода, (с 1 по 4 неделю) спортсмены проплывают всего 139,6 км и затрачивают 21 ч на работу в спортзале; для второго периода (с 5 по 8 неделю) эти показатели составляют, соответственно, 172,3 км и 18 ч; в течение третьего периода (с 9 по 12 неделю) пловцы преодолевают в целом 227,8 км в бассейне и проводят 22,5 ч в спортзале; на последнем предсоревновательном периоде (с 13 по 18 неделю) спортсмены проплывали 180 км в бассейне и тренировались 18 ч в спортзале в рамках подводки к соревнованию (постепенного снижения рабочей нагрузки перед соревнованием). По окончании чемпионата спортсмены сохраняют свою лучшую спортивную форму с 19 по 20 неделю, при общей нагрузке 120,3 км.

Долгосрочное планирование подразумевает обобщенное распределение средств и методов подготовки, рассчитанное на весь сезон. Поэтому на практике широко используется планирование более коротких временных периодов с подробным изложением задач, которые должны быть выполнены во время каждой тренировки, например в течение недельного цикла. Для

облегчения работы тренера существует современная компьютерная модель планирования недельных тренировок GERT («GeneticandRandomTreestrainingplanner») на основе «генетических» алгоритмов и алгоритмов «случайных деревьев», включающую два модуля: систему машинного обучения, извлекающую информацию о еженедельном распределении тренировочной нагрузки и порядке проведения тренировок из базы типичных тренировок, входящих в тренировочные планы, предварительно загруженные в систему; и систему планирования, которая позволяет разрабатывать подробные планы отдельных тренировок на основе информации из библиотеки данных проведения тренировок. Модель GERT обеспечивала создание тренировочных планов, которые с высокой степенью подобия воспроизводили планы, разрабатываемые профессиональными тренерами. Таким образом, это первый шаг к автоматизации процесса разработки индивидуализированных тренировочных планов в стиле профессиональных тренеров.

При планировании любых перерывов в тренировочном процессе необходимо учитывать допустимое соотношение положительных и отрицательных аспектов влияния периода отсутствия тренировок на пловцов. Плановый период отсутствия тренировок (переходный период) является важной частью тренировочного процесса, позволяющей спортсменам восстановиться после физических и психологических нагрузок к новому тренировочному циклу. Продолжительность перерыва между сезонами обусловлена: задачами, которые ставит тренер на определенном этапе подготовки спортсменов; последовательностью этапов спортивной подготовки; а также спортивным календарем соревнований по плаванию. При этом переходный период между активными сезонами обычно имеет продолжительность от 2 до 4 недель, но может также длиться до 6 недель. В результате 12-недельного переходного периода наблюдается снижение показателей физической подготовленности пловцов, мощности и скорости плавания. Эти изменения уровня подготовленности спортсменов необходимо

учитывать тренерам при возвращении к регулярным тренировкам для компенсации снижения основных характеристик, определяющих эффективность плавания, за время длительных периодов отсутствия тренировок и тем самым ускорить процесс полного восстановления спортивной формы пловцов, используя наиболее эффективные тренировочные методы. При этом спортсмены, которые эффективно восстанавливаются в течение переходного периода, быстрее возвращаются к своему предшествующему уровню физической подготовленности во время нового подготовительного периода.

Модельные показатели спортивной работоспособности в каждой спортивной дисциплине являются основой для планирования и реализации эффективного тренировочного процесса. В настоящее время схема планирования тренировочных нагрузок, предполагающая чередования тяжелых силовых и взрывных упражнений, является альтернативой традиционным подходам, основанным на определенном количестве повторений при одинаковой интенсивности нагрузки в течение тренировки. Использование распределения нагрузки в виде усеченной пирамиды во время тренировок с сопротивлением в бассейне по принципу «плавания на привязи» с использованием блочного эргометра на основе силовой рамы («power rack») позволяет обеспечить более эффективное развитие физиологических адаптаций к физическим нагрузкам и результативности плавания, выражающиеся в увеличении показателей максимальной тяговой нагрузки («maximumdragload»), специальной мощности плавания («specific swimming power»), изокинетической силы («isokineticforceproduction»); и уменьшении времени проплывания дистанции 50 м кролем и на дистанции 50 м основным соревновательным стилем. При этом используется следующее распределение нагрузки: 1 подход при нагрузке 50% 1RM, следующий подход – 60% 1RM, затем 2 подхода – 70% 1RM, затем – 60% 1RM и заключительный – 50% 1RM.

Также представлен комбинированный подход подготовки пловцов, предусматривающий сочетание плавательных тренировок на воде с протяжкой и сопротивлением. Плавание с протяжкой выполняются с эластичной лентой-

тренажером, например, StrechCordz, за которую тренер быстро подтягивает пловца по ходу его движения. Плавание с сопротивлением осуществляется с тренажером с переменной нагрузкой (от 2 до 6 единиц) Run Rocket, шнур от которого крепится к ремню на талию пловца. В результате использования комбинированных тренировок по плаванию с сопротивлением и протяжкой у спортсменов-подростков улучшаются показатели плавания на спине на дистанциях 50 и 100 м.

В современной научной литературе при количественном определении тренировочной нагрузки пловцов предпочтение отдается мониторингу внешней нагрузки, при этом наиболее часто прибегают к определению объема нагрузки в бассейне (средняя дистанция, продолжительность плавания в течение недели или года) и в зале (часов в неделю), а также ее интенсивности (выходной мощности, скорости плавания). Наиболее популярными способами определения величины внутренней нагрузки является определение концентрации лактата в крови и частоты сердечных сокращений, менее популярны – оценка индивидуального восприятия нагрузки (ОИВН), оценка индивидуального восприятия нагрузки за тренировку (ОИВНт) и психологические опросники. Основными задачами мониторинга тренировочных нагрузок являются оценка реакции пловцов на тренировки и улучшение спортивной результативности. Наиболее популярными показателями ТН являются; тренировочный объем (дистанция) и оценка индивидуального восприятия нагрузки за тренировку (ОИВНт), далее следуют субъективная оценка образа жизни и здоровья (73%), частоты сердечных сокращений и общая нагрузка (ОИВН × продолжительность). Применение оценки индивидуального восприятия нагрузки за тренировку (ОИВНт) является одним из приоритетных компонентов системы контроля ТН, который позволяет охватывать все аспекты тренировочной (на воде и в спортзале) и соревновательной деятельности, в процессе использования одного универсального метода, обеспечивающего точное измерение общей ТН. В данном аспекте также рекомендуется использовать психологические опросники: Профиль состояния настроения;

Опросник ежедневного анализа жизненных потребностей; Опросник восстановительного стресса для спортсменов; Многокомпонентная шкала тренировочного дистресса, а также шкалы Лайкерта для оценки энергии, утомления и болезненности. Анализ данных ТН целесообразно осуществлять дифференцированно по видам тренировочной деятельности, осуществляемым в бассейне и вне его, а также использовать дополнительное подразделение ТН на подкатегории в зависимости от цели тренировок (развитие скорости, аэробной способности, темпа движений). Необходимо отметить, что в 60% случаев данные тренировочных нагрузок регистрируются сразу после завершения тренировки, в течение первого часа – 12%, в течение 24 часов – 28%, при этом информация о тренировочных нагрузках, полученная позднее данного периода времени теряет свою актуальность.

Последние литературные данные характеризующие показатели выполнения пловцами ступенчатого теста с возрастающей нагрузкой у пловцов национального уровня указывают на увеличение значений концентрации лактата и уменьшение значений концентрации глюкозы после первого этапа тестирования. Невысокий уровень изменения показателей между вторым и третьим этапами выполнения теста с учетом последовательного повышения интенсивности нагрузки обуславливается тем, что спортсмены экономят свои силы для выполнения последнего этапа. В тренировочном процессе, пловцы фокусируют внимание на развитии выносливости прежде всего в подготовительном периоде, однако, подчеркивается необходимость развития выносливости как одного из важнейших компонентов физической подготовки на протяжении всего годового цикла проведения тренировок.

Современные тенденции совершенствования силовой подготовки в плавании.

Силовая подготовка является важным компонентом тренировочного процесса пловцов. Основными задачами применения силовых тренировок современных пловцов по данным зарубежных авторов являются достижение и поддержание высокого уровня функционирования мышечной системы и

опорно-двигательного аппарата. Достигнутый при этом уровень силовой подготовленности характеризует величину адаптационных процессов, связанных со способностью активации большей части мотонейронов в течение короткого промежутка времени в больших тренировочных циклах. Подобные адаптационные изменения являются следствием применения тренировочных нагрузок высокой и максимальной интенсивности. Существует взаимосвязь между максимальной интенсивностью нагрузки и эффективностью спринтерского плавания.

Преимущественное же использование нагрузок низкой интенсивности снижает уровень активации мускулатуры центральной нервной системой, анаэробное энергообеспечение и, соответственно, вклад силовых тренировок в физическую работоспособность и результативность соревновательной деятельности пловцов. При этом важно отметить, что в начале силовой подготовки нагрузка даже менее 50-60% от максимальной является достаточно эффективной в течение нескольких месяцев. В данном случае используются аэробные метаболические механизмы, которые не вызывают нейромышечных и морфологических адаптационных изменений в организме, характерных для больших циклов силовой направленности. В долгосрочной перспективе применение интенсивности нагрузки менее 75-80% от максимальной не будет приводить к дальнейшему повышению активации нервно-мышечной системы и развитию необходимых адаптаций.

С биомеханической точки зрения, увеличение скорости плавания может достигаться двумя способами: путем оптимизации темпа и/или длины «шага». Увеличения длины «шага» можно достичь, во-первых, путем уменьшения силы сопротивления воды и, во-вторых, с помощью увеличения пропульсивных сил. Именно силовая подготовка позволяет оптимизировать показатели темпа и длины «шага» благодаря увеличению пропульсивной силы мышц. Увеличение общей силы тяги за счет увеличения отдельных силовых компонентов гребка приводит к увеличению скорости плавания. Это особенно актуально в спринтерском плавании, в котором результативность напрямую зависит от

характеристик силы и мощности гребковых движений. Анаэробный режим работы и высокие требования к уровню силовой подготовленности для пловцов-спринтеров обуславливают необходимость проведения интенсивных силовых тренировок в тренажерном зале.

Уровень результативности в плавании, помимо показателей максимальной силы, также определяется и взрывной силой. Быстрое развитие силы является важным компонентом при выполнении стартов и поворотов, силовые тренировки для нижних конечностей должны быть направлены на активацию максимально возможного количества мотонейронов в течение как можно более короткого времени.

Соответствующая силовая подготовка пловцов оказывает большое влияние на эффективность отталкивания во время стартов и поворотов, биомеханику выполнения гребков и скорость плавания. Сила мышц ног оказывает влияние на эффективность стартового прыжка. Быстрый и мощный старт в плавании особенно важен на соревновательных дистанциях до 200 м. Необходимо отметить, что в современной литературе существует мнение о положительной зависимости между уровнем силовой подготовленности пловцов и результативностью плавания также и на средних и длинных дистанциях (более 400 м). Ученые связывают это с большим количеством поворотов на более длинных дистанциях, эффективность выполнения которых зависит от максимальной силы мышц пловца. А большое количество поворотов, выполняемых пловцами на длинных дистанциях (800 м и 1500 м) требует от спортсменов высокого уровня развития силовых способностей и силовой выносливости.

В настоящее время в научной литературе приведено описание силовой подготовки в плавании с применением средств, создающих дополнительное сопротивление в воде, тренажеров, имитирующих плавательные движений в условиях спортивного (тренажерного) зала, упражнений, выполняемых при низких уровнях сопротивления с большими количеством повторений. При этом перечисленные группы средств используют в сочетании с низкой

интенсивностью тренировочной нагрузки и большой длительностью выполнения упражнений, что классифицирует их как тренировки на выносливость. Большинство из применяемых при проведении научных исследований экспериментальных тренировок, направленных на увеличение максимальной силы, с одной стороны, и повышение эффективности плавания – с другой, представляют собой интенсивные тренировки выносливости, а не силовые тренировки.

Попытки сделать силовые тренировки более специфичными для плавания в условиях спортзала также приводят лишь к имитации плавательных движений без учета внешних (физических) и внутренних (физиологических) процессов, происходящих в ходе реальных движений пловца в воде. При этом следует иметь в виду, что имитационные силовые тренировки, выполняемые при обычном уровне сопротивления, могут только способствовать приблизительному воспроизведению условий данного движения, тогда как двигательные действия, совершаемые при более высоком внешнем отягощении, уже приводят к изменению кинематических и кинетических характеристик данного движения. Разработка и отбор эффективных специфических силовых упражнений в плавании является важной педагогической задачей. Однако, достаточно сложно добиться соответствующей активации нервно-мышечной системы при выполнении упражнений на суше и в воде. Идентичного уровня участия нервно-мышечной системы при выполнении силовых упражнений и определенных движений в плавании достичь практически нереально, потому, что невозможно добиться полного соответствия кинематических (соотношение между дистанцией и временем), кинетических (соотношение между силой и временем) и ритмических характеристик движений, выполняемых в ходе силовых тренировок и во время плавания. Это относится также и к плаванию с сопротивлением и работе с лопатками. При этом упражнения на скамье для плавания или с применением тросов и даже плавание с лопатками не являются специфическими формами силовых тренировок, поскольку ни характер иннервации, ни кинетические или кинематические аспекты движений, выполняемых с помощью данных тренировочных устройств, не соответствуют

наблюдаемым во время плавания. Поскольку выполняемые вне бассейна упражнения не могут в точности воспроизводить специфические нервно-мышечные паттерны движений в плавании, то лучшим способом развития специальной силы является работа над ней во время тренировок по плаванию. Вместе с тем отбор общих силовых упражнений в тренажерном зале должен быть ориентирован только на обеспечение долгосрочного эффективного повышения силового потенциала спортсменов. Может потребоваться время, для того чтобы приобретенный уровень силовой подготовленности обеспечил повышение результативности плавания.

Методический подход к разработке программ силовой подготовки в современном спортивном плавании должен учитывать следующие основные аспекты: особенности морфологических и функциональных адаптаций в организме спортсмена; оптимальные средства и методы развития силы и мощности мышц пловцов; снижение риска травматизма в плавании. При проведении силовых тренировок особое внимание уделяется эксцентрической фазе движения, которая характеризуется сравнительно низким расходом энергии, но очень высоким механическим стимулом по сравнению с концентрической фазой движения. Интенсивность нагрузок ниже 60% от максимальной является недостаточной для развития необходимых морфологических и функциональных адаптаций нервно-мышечной системы организма пловца. В долгосрочной перспективе рекомендуется применением интенсивности нагрузок более 75% максимальной силы в целях обеспечения способности к дальнейшему развитию адаптаций. При этом для развития максимальной силы проводятся тренировки с высокой интенсивностью и малым количеством повторений. Напротив, для развития мощности применяются упражнения с меньшим сопротивлением и высокой скоростью. Необходимо учитывать, что большое количество существующих методик силовых тренировок в плавании, по сути, представляют собой различные варианты развития силовой выносливости и профилактики травматизма, включающих упражнения низкой интенсивности и большого числа повторений или интенсивные интервальные упражнения. Применение таких тренировок

силовой выносливости, особенно в долгосрочной перспективе, не стимулирует развития специальных физиологических перестроек в организме спортсмена, на развитие которых направлены обычные силовые тренировки с отягощением в тренажерном зале.

Силовая подготовка в спортивном плавании не должна строиться как изолированный процесс. Оптимальным считается включение в тренировочные программы пловцов комбинации различных тренировок на силу и выносливость, при этом необходимо учитывать взаимное влияние данных типов тренировок и на результативность в плавании. Традиционное построение тренировок на силу и выносливость создает противоречащие друг другу стимулы для формирования различных механизмов адаптации в организме спортсменов. Современные исследования в других циклических видах спорта на выносливость свидетельствуют о том, что силовые тренировки могут успешно применяться для повышения эффективности спортивной деятельности, совместно с проведением высокообъемных тренировок выносливости. Достигнутое в ходе проведения силовых тренировок увеличение силы и мощности целесообразно переносить на дистанционное плавание, выполнение стартов и поворотов. Имеющиеся сведения указывают на необходимость разграничения силовых тренировок на суше и в воде в пределах тренировочных микроциклов, подбирая упражнения таким образом, чтобы обеспечить охват всех групп мышц без применения высоких объемов тренировок во избежание возникновения перетренированности.

Необходимость регулярных силовых тренировок продиктовано широким распространением типичных для плавания травм: позвоночника плечевого и коленного суставов, обусловленных высоким объемом тренировок в воде, ранним началом занятий спортом, неправильной техникой выполнения движений, особенностями стиля плавания (главным образом, брасса и баттерфляя), использованием вспомогательных средств плавания, вызывающих увеличение лордоза позвоночника.

Современные тенденции совершенствования технической подготовки в плавании.

Современные представления о пространственно-временной структуре старта при плавании на груди, указывающие на биомеханические преимущества стартового положения, при котором ноги пловца расположены в шахматном порядке – одна впереди, другая сзади. При этом результативность времени преодоления дистанций 5 м и 15 м после кик-старта (kick-start) со смещением общего центра масс (ОЦМ) пловца вперед значительно превышает результативность кик-старта (kick-start) со смещением ОЦМ назад, старт с использованием рукояток (handle-start) и старт с захватом (Grab-start), в порядке снижения результата. Кик-старт (kick-start) со смещением ОЦМ вперед характеризуется более коротким временем нахождения на стартовом блоке, что позволяет сохранять преимущество пространственно-временных показателей в течение стартового отрезка (до 15-метровой) по сравнению с остальными техниками старта. При этом большее смещение задней опорной пластины стартового блока назад обеспечивает сокращение времени отталкивания задней ногой и, соответственно, увеличивает расслабление мышц передней ноги в стартовой позиции. Научно доказана взаимосвязь между результатами теста прыжок вверх с приседом (СМЖ) и биомеханической структурой старта в плавании, а также общим временем старта. Общее время старта на первых 15 м, как основной показатель эффективности старта в плавании, время преодоления дистанции между отметками 5 и 10 м, скоростью и расстояние фазы полета во время старта в плавании на груди коррелирует с большинством параметров СМЖ, что подтверждает важность функциональных характеристик нижних конечностей во время старта. Основные переменные кривой «сила-время» СМЖ позволяют детально интерпретировать принципы, определяющие эффективность старта в плавании и прогнозирования ее дальнейшего повышения.

После старта и поворотов современные пловцы используют технику подводного волнообразного плавания (ПВП) – дельфин, при этом пловцы выполняют волнообразные колебания тела, располагая руки вытянутыми и сомкнутыми над головой. Целый ряд биомеханических показателей таких как:

частота ударов ногами, амплитуда ударов ногами, вертикальная скорость пальцев ног (переднего отдела стопы) и угловая скорость движений в коленных суставах являются основными факторами, определяющими скорость подводного волнообразного плавания. Высокая частота волнообразных движений (ударов) ногами обеспечивает повышение скорости ПВП. Высокая угловая скорость разгибания в тазобедренном суставе обеспечивает создание силы тяги и повышает эффективность подводного волнообразного плавания. Пловцы высокой квалификации выполняют большее разгибание в тазобедренном суставе во время удара ногами вверх по сравнению с начинающими пловцами. При этом во время удара ногами, направленного сверху вниз, наибольшее значение имеют показатели угловой скорости сгибания в коленном суставе, чем движение в тазобедренном суставе, а во время удара, направленного снизу вверх, влияние движений в тазобедренном и коленном суставах носит сходный характер. Оптимальным считается, если спортсмен обладает способностью к развитию высокой скорости волны тела и вертикальной скорости стопы. Увеличение скорости ПВП достигается: с одной стороны, выполнением мощных колебательных движений (с повышенной амплитудой) для увеличения движущего импульса, вызывающих большое активное сопротивление водной среды с высокими энергетическими потребностями и расходом энергии, что характерно для пловцов с низкой скоростью плавания. С другой стороны использование менее мощных движений (с пониженной амплитудой) создает низкий движущий импульс, но позволяют максимально снизить гидродинамическое сопротивление.

Основные кинематические показатели цикла ПВП пловцов:

– относительно центра тазобедренного сустава самыми высокими и самыми низкими частями во время цикла ПВП являются, соответственно, голеностопный сустав (23 см над тазобедренным суставом) и коленный сустав (11 см ниже тазобедренного сустава) в момент минимальной скорости и плечевой сустав (2 см над тазобедренным суставом) и коленный сустав (21 см ниже тазобедренного сустава) при максимальной скорости;

– вертикальная амплитуда движения головы и плечевого сустава составляет 0,07-0,11 м, тазобедренного сустава – 0,13 м, коленного сустава – 0,26-0,27 м и голеностопа – 0,42 м-0,46 м;

– скорость волны тела (между максимальными положениями центров суставов) составляет 2,68-4,61 м/с;

– показатели наклона тела (по линии от плечевого до тазобедренного сустава) возрастают от первого удара ногами (от 3° до 7° во время поворота или старта, соответственно) до последнего удара ногами перед всплытием, во время которого были зарегистрированы соответствующие показатели 12° и 16°;

– плечевой и тазобедренный суставы, не отклоняются более чем на 30° от прямой линии в момент как максимальной, так и минимальной скорости;

– сгибание в коленном суставе во время удара ногами вверх не превышает 60°, при этом максимальное разгибание в данном суставе за пределы его нормального диапазона движения (гиперэкстензия) составляет –11° у пловцов национального уровня;

– амплитуда движения во время ПВП в плечевом суставе составляет 28°, в тазобедренном суставе – 30°-50°, в коленном суставе – 71-89°, в голеностопном суставе – 34-64°;

– амплитуда движения в нижней части туловища составляет 27°, верхней части туловища – 12°, средне-грудного отдела – 19° у пловцов национального уровня;

– максимальная угловая скорость движения наблюдается в коленном суставе – 624-702°/с, минимальные показатели угловой скорости – а верхней части туловища – 122-100°/с, очевидно, что угловая скорость возрастает в направлении от туловища к пальцам ног;

– вертикальная скорость пальцев ног во время удара ногами вниз составляет 3,61-4,07 м/с, а во время удара ногами вверх – 3,16-4,10 м/с. При скорости пальцев ног у пловцов женского пола составляет 3,26 м/с (удар ногами вниз) и 2,74 м/с (удар ногами вверх)).

Анализ литературы позволил выявить некоторые биомеханические закономерности ПВП, определяющие результативность плавания:

- при увеличении расстояния от стартовой стенки наблюдается снижение амплитуды движений ногами на отрезке 5-12 м, а также уменьшение частоты и скорости ударов ногами на отрезке 2,5-15 м;
- зависимость между частотой и амплитудой ударов ногами и их скоростью: увеличение скорости движений ногами сопровождается линейным увеличением частоты и уменьшением амплитуды движений;
- пловцы более высокого уровня квалификации обладают более высокими скоростью и частотой, но меньшей амплитудой движений ногами;
- увеличение скорости ПВП сопровождается повышением вертикальной скорости движения стоп и ее симметрией между ударами ногами вверх и вниз, а также угловой скорости движения в суставах;
- важная роль в волнообразном движении тела принадлежит сегменту нижней части туловища (от нижнего конца десятого ребра до подвздошного бугра);
- соотношение между скоростью волны тела и скоростью плавания во время ПВП составляет обычно 2,0-2,8 – это указывает на важную роль быстрых волнообразных движений тела;
- выраженное снижение скорости движений ногами у пловцов более низкого уровня квалификации наряду с тенденцией к снижению частоты и повышению амплитуды ударов ногами;
- параметры движений ног при ПВП после старта с тумбы заметно выше, чем после старта из воды.

Несмотря на то, что в настоящее время отсутствует единое мнение среди ученых о вопросе какой из параметров движений ногами (частота, длина (шаг) или амплитуда) проявляет наиболее сильную взаимосвязь со скоростью ПВП, пловцам высокой квалификации рекомендуется повышать частоту подводных волнообразных движений ногами, не снижая их относительную амплитуду. Это позволит увеличить максимальную скорость ВПП, поскольку отношение скорости движений ногами и длины тела в большей степени связано с частотой ударов ногами, чем с их амплитудой. При этом сверхмаксимальные показатели

частоты движений 105-115% снижают эффективности совместной активации мышц, участвующих в выполнении движений ногами и результативность плавания.

Для плавания брассом характерны толчкообразные пропульсивные фазы движений ног, чередующиеся с фазами скольжения всего тела, и высокий уровень вариации внутрицикловой скорости. Поэтому пловцы-бассисты элитного уровня должны обладать оптимальной координацией движений верхних и нижних конечностей для сохранения скорости в фазе скольжения и преодоления большой инерции по сравнению с другими стилями спортивного плавания. Бассисты используют особое волнообразное движение туловища для повышения эффективности плавания, поскольку оно позволяет уменьшить изменчивость скорости внутри цикла и тем самым снизить силы инерции, которые необходимо преодолеть перед началом пропульсивной фазы движения.

Частота гребков (ЧГ) и длина гребка (ДГ) являются одними из важных кинематических показателей, которые чаще всего анализируются в научных исследованиях биомеханики плавания брассом. Кинематические характеристики гребка, включая ЧГ и ДГ, изменяются в зависимости от дистанции и продолжительности плавания. Так, дистанция 100 м брассом характеризуется более высокой средней ЧГ и более низкой средней ДГ по сравнению с дистанцией 200 м. Эти изменения определяются интенсивностью физической нагрузки во время каждого из заплывов, при этом ЧГ возрастает, а ДГ снижается по мере увеличения интенсивности. В то время как на дистанции 100 м на короткой воде (в бассейне длиной 25 м), наблюдается уменьшение ЧГ, величина показателя ЧГ возрастает при выполнении заплыва на 100 м на длинной воде (в бассейне длиной 50 м).

При изучении цикла гребка брассом обычно используют две основные фазы: гребок руками и удар ногами (подтягивание и отталкивание). В каждой фазе выделяют подфазы. Количество подфаз, описываемых в разных научных источниках, варьирует от 5 до 10. Данное расхождение обусловлено выбором разных точек цикла гребка для обозначения начала и конца каждой фазы. На

подфазы чаще всего разделяется пропульсивная (опорная, рабочая) фаза и фаза подготовки. Сравнение временных характеристик между заплывами брассом на дистанции 50, 100 и 200 м выявило целый ряд различий. По сравнению с типичным циклом гребка на дистанции 200 м цикл гребка на дистанции 50 м характеризуется увеличением относительных показателей времени выполнения опорной фазы гребка руками, фазы подготовки (выноса) рук, опорной фазы удара ногами и фазы подтягивания ног. На различных дистанциях также наблюдаются различия в фазах скольжения рук и ног, которые тем короче, чем меньше дистанция заплыва. С уменьшением дистанции заплыва увеличивается длительность опорных фаз, а фазы скольжения сокращаются для преодоления более высоких сил сопротивления при более высоких скоростях.

Для описания и оценки координационных моделей брассистов обычно используют два метода. В основе первого метода лежит измерение интервалов времени между выполнением определенных движений цикла гребка. Различными коллективами исследователей были разработаны три модели определения интервалов времени цикла гребка в брассе. Среди них наибольшей известностью пользуется модель, разработанная SeifertandChollet, которая применяется для оценки координации в течение пяти интервалов времени. При использовании данного метода были выделены три режима координации. Классификация каждого режима координации осуществлялась в зависимости от продолжительности промежутка времени между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками (T_{1b}):

- когда период между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками более нуля, наблюдается координационный режим скольжения. Это означает, что движение рук наружу начинается после выполнения фазы движения ног внутрь;

- режим противоположения (оппозиции) или непрерывной координации имеет место, когда период между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками равен нулю;

- режим наложения (суперпозиции) или частичного совпадения

(перекрывания) применяется, когда период между окончанием движения ног во внутрь и началом гребка руками меньше нуля. Это значит, гребок руками наружу начинается одновременно или перед выполнением движения ногами внутрь.

В основе второго метода оценки применяемых брассистами типов координации лежит анализ углов движения в локтевом и коленном суставах. Данный метод continuous relative phase (CRP) – метод непрерывной относительной фазы, использует показатели движения в суставах и угловой скорости для расчета фазовых углов сгибания/разгибания в суставах. При использовании этого метода выделяются два режима координации: внутрифазовый и противофазовый. Внутрифазовая координация наблюдается, когда $-30^\circ < \text{CRP} < 30^\circ$, и указывает на то, что обе пары конечностей выполняют одинаковое движение (либо сгибание, либо разгибание). Противофазовая координация наблюдается, когда $-180^\circ < \text{CRP} < -150^\circ$ и $150^\circ < \text{CRP} < 180^\circ$, и указывает, что каждая пара конечностей выполняет противоположное движение (одна пара выполняет сгибание, а другая пара разгибание).

Типичная кривая времени-скорости во время цикла гребка в плавании брассом характеризуется двумя максимумами и двумя минимумами. Достижение максимальных точек (пиков) скорости связано с выполнением опорных фаз гребка руками и удара ногами. Достижение максимальных точек (пиков) скорости связано с выполнением опорных фаз гребка руками и удара ногами. При этом во время подготовки (выноса) конечностей скорость значительно меньше (и имеет отрицательное значение), чем во время фазы скольжения.

Брассисты элитного уровня обычно используют модель положительного распределения темпа. Этот профиль характеризуется снижением скорости плавания во время каждого последовательного 50-метрового отрезка. Положительные профили распределения темпа часто применяются пловцами на дистанциях 100 и 200 м. По сравнению со стратегией равномерного распределения (одинаковая скорость плавания на последовательных 50-

метровых отрезках), использование стратегии положительного распределения темпа вызывает постнагрузочное повышение концентрации лактата в крови и оценки индивидуального восприятия нагрузки. Это обусловлено высокой интенсивностью нагрузки во время начальных этапов заплыва и последующим накоплением лактата. Применение стратегии положительного распределения темпа также способствует повышению ЧГ на протяжении первой половины заплыва по сравнению со стратегией равномерного распределения темпа. Учитывая повышенные затраты энергии, связанные с увеличением ЧГ, стратегия положительного распределения темпа приводит к увеличению общих энергозатрат во время заплыва. Поэтому использование стратегии равномерного распределения темпа может замедлить наступление утомления у брассистов.

Обновленные данные по амплитуде движений, силе-мощности и антропометрическим характеристикам пловцов брассом элитного уровня указывают на высокую корреляцию между показателями силы-мощности на суше и кинематическими параметрами пловцов во время плавания в темпе заплывов на 200 м, 100 м и в максимальном темпе. При этом высокая корреляция чаще отмечается при плавании брассом в темпе заплыва на 100 м и в максимальном темпе, по сравнению с плаванием в темпе на дистанции 200 м. Использование специальных аналитических моделей наилучшего соответствия, которые объясняют до 87% дисперсии между параметрами силы-мощности на суше и пропульсивной скоростью в бросе позволяют прогнозировать показатели предполагаемой средней скорости плавания в бросе. Таким образом эффективное моделирование взаимосвязи между скоростью во время разных фаз выполнения гребка и показателями силы-мощности брассистов на основе использования прогностических уравнений является основой для проведения сравнительного анализа прогнозируемых и текущих показателей скорости. Например, если прогноз превышает реальную скорость плавания – это указывает на недостаточную эффективность выполнения соответствующей пропульсивной фазы гребка и на наличие технических ошибок.

Медико-биологические аспекты в плавании.

Эффективная энергетика спортивной деятельности имеет большое значение именно в плавании. На спринтерских дистанциях спортсмены используют в разной степени все три энергетические системы: фосфагенная (5-80%), гликолитическая (2-80%) и аэробная (2-54%). Во время заплывов на требующие выносливости дистанции вклад различных систем энергообеспечения составляет: 0-30% – фосфагенной системы, 10-65% – гликолитической системы и 5-90% – аэробной системы.

Эффективность и результативность плавания на длинные дистанции зависит от уровня взаимосвязи между скоростью и показателями МПК и КЛК. Хорошо известно, что комбинация аэробных и анаэробных возможностей высокого уровня, большой силы и мощности, а также подходящих антропометрических параметров обеспечивает достижение высокого уровня работоспособности и результативности соревновательной деятельности в плавании. Анаэробная мощность относится к важным факторам, определяющим эффективность плавания, особенно, если речь идет о выполняемых с максимальным усилием спринтерских заплывах. Аэробные способности юных пловцов имеют большее значение в плавании на длинные дистанции, поскольку критическая скорость и максимальное потребление кислорода в большей степени определяют результативность заплывов на 200 и 400 м.

Лактатный порог является параметром, характеризующим аэробную способность пловца, при этом повышение лактатного порога связано со способностью выполнять работу более высокой интенсивности при одной и той же КЛК. При этом взаимосвязь скорости или интенсивности работы с лактатным порогом является важным показателем эффективности плавания, а поддержание высокой скорости плавания при лактатном пороге определяет уровень работоспособности и результативности соревновательной деятельности пловцов. Потребление кислорода и связанные с ним показатели также считаются одним из важнейших факторов достижения успеха в

спортивном плавании, особенно на средние и длинные дистанции, во время которых вклад аэробной системы в энергообеспечение организма спортсмена может достигать 90%.

Критическая скорость выступает в роли показателя аэробного порога в плавании, который учитывает как энергетические возможности, так и эффективность выполнения гребков. У пловцов, специализирующихся на дистанции 200 м отмечаются более высокие показатели критической скорости по сравнению с соревнующимися на дистанции 100 м пловцами. Таким образом аэробные возможности имеют большее значение во время более продолжительных заплывов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Amara, S. Relationship between swimming performance, biomechanical variables and the calculated predicted 1-rm push-up in competitive swimmers / S. Amara, O.G. Chortane, Y. Negra, R. Hammami, R. Khalifa, S.G. Chortane, R. van den Tillaar // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Vol. 18. – Art. 11395.
2. Amara, S. The effect of concurrent resistance training on upper body strength, sprint swimming performance and kinematics in competitive adolescent swimmers. A randomized controlled trial / S. Amara, T.M. Barbosa, Y. Negra, R. Hammami, R. Khalifa, S.G. Chortane // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Vol. 18. – Art. 10261.
3. Born, D.P. Analysis of freestyle swimming sprint start performance after maximal strength or vertical jump training in competitive female and male junior swimmers / D.P. Born, T. Stöggl, A. Petrov, D. Burkhardt, F. Lüthy, M. Romann // *J. Strength Cond. Res.* – 2020. – Vol. 34. – P. 323–331.
4. Amara, S. What is the optimal strength training load to improve swimming performance? a randomized trial of male competitive swimmers / S. Amara, E. Crowley, S. Sammoud, Y. Negra, R. Hammami, O.G. Chortane, R. Khalifa, S.G. Chortane, R. van den Tillaar // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – №18(22). – Art. 11770. – P. 1-10. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph182211770> (дата обращения 09.03.2023).
5. Sammoud, S. The effects of plyometric jump training on jumping and swimming performances in prepubertal male swimmers / S. Sammoud, Y. Negra, H. Chaabene, R. Bouguezzi, J. Moran, U. Granacher // *J. Sports Sci. Med.* – 2019. – Vol. 18. – P. 805–811.
6. Price, T.V.C. Physical performance determinants in competitive youth swimmers: a systematic review / T.V.C. Price, H. Legg, G. Cimauro // *Research Square*. – 2023, Preprint (Version 1). – P. 1-25. – URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2131046/v1> (дата обращения 15.02.2023).

7. Aspenes, S. Combined strength and endurance training in competitive swimmers / S. Aspenes, P.L. Kjendlie, J. Hoff, J. Helgerud // J. Sports Sci. Med. - 2019. –Vol.8. –Art. 357.
8. Wirth, K. Strength Training in Swimming / K. Wirth, M. Keiner, S. Fuhrmann, A. Nimmerichter, G.G. Haff // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – №19, – Art. 5369. – P. 1-32. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19095369> (датаобращения 02.02.2023).
9. Keiner, M. The influence of upper– and lower-body maximum strength on swim block start, turn, and overall swim performance in sprint swimming / M. Keiner, K. Wirth, S. Fuhrmann, M. Kunz, H. Hartmann, G.G. Haff // J. Strength Cond. Res. – 2021. – Vol. 35(10). – P. 2839-2845.
10. Grgic, J. The Effects of Low-Load vs. High-Load Resistance Training on Muscle Fiber Hypertrophy: A Meta-Analysis / J. Grgic // J. Hum. Kinet. –2020. –Vol. 74. – P. 51–58.
11. Born, D.-P. Start and turn performances of elite male swimmers: Benchmarks and underlying mechanisms / D.-P. Born, J. Kuger, M. Polach, M. Romann // Sports Biomech. – 2021. – Vol. 18. – P. 1–15.
12. Morais, J.E. Stability analysis and prediction of pacing in elite 1500 m freestyle male swimmers / J.E. Morais, T.M. Barbosa, P. Forte, J.A. Bragada, F.A. de Souza Castro, D.A. Marinho // Sports Biomech. – 2020. – Vol. 6. –P. 1-18.
13. Morais, J.E. Stability of pace and turn parameters of elite long-distance swimmers / J.E. Morais, T.M. Barbosa, H.P. Neiva, D.A. Marinho // Hum. Mov.Sci. – 2019. –Vol. 63. – P. 108-119.
14. Marinho, D.A. The effect of the start and finish in the 50 m and 100 m freestyle performance in elite male swimmers / D.A. Marinho, T.M. Barbosa, H.P. Neiva, S.-I. Moriyama, A.J. Silva, J.E. Morais // Int. J. Perform. Anal.Sport. – 2021. – Vol. 21. – P. 1041-1054.
15. Marinho, D.A. Comparison of the Start, Turn and Finish Performance of Elite Swimmers in 100 m and 200 m Races / D.A. Marinho, T.M. Barbosa, H.P. Neiva, A.J. Silva, J.E. Morais // J. Sports Sci. Med. – 2020. – Vol. 19. – P. 397-407.

16. Hermosilla, F. Effects of Dry-Land Training Programs on Swimming Turn Performance: A Systematic Review / F. Hermosilla, R. Sanders, F. González-Mohino, I. Yustres, J.M. González-Rave // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – Vol. 18. – Art. 9340. – P. 1-12. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph18179340> (дата обращения 09.03.2023).
17. Lopes, T.J. The effects of dry-land strength training on competitive sprinter swimmers / T.J. Lopes, H.P. Neiva, C.A. Goncalves, C. Nunes, D.A. Marinho // *J Exerc Sci Fitness*. – 2021. – Vol. 19(1). – P. 32-39.
18. Van Den Tillaar, R. Push-ups are able to predict the bench press 1-RM and constitute an alternative for measuring maximum upper body strength based on load-velocity relationships / R. Van Den Tillaar, N. Ball // *J. Hum. Kinet.* 2020. – Art. 73. – P. 7–18.
19. Crespo, E. Post-eccentric flywheel under water undulatory swimming potentiation in competitive swimmers / E. Crespo, J.J. Ruiz-Navarro, F. Cuenca-Fernández, R. Arellano // *J Hum Kinet*. – 2021. – Vol. 79(1). – P. 145-154.
20. Cortesi, M. Passive drag in young swimmers: effects of body composition, morphology and gliding position / M. Cortesi, G. Gatta, G. Michielon, R. Di Michele, S. Bartolomei, R. Scurati // *Int J Environ Res Public Health* 2020. – Vol. 17(6). – Art. 2002.
21. Karpinski, J. The effects of a 6-week core exercises on swimming performance of national level swimmers / J. Karpinski,; W. Rejdych,; D. Brzozowska, A. Gołas, W. Sadowski, A.S. Swinarew, A. Stachura, S. Gupta, A. Stanula // *PLoS ONE*. – 2020. Vol. 15. – Art. e0227394.
22. Rodríguez González, L. Study of strength training on swimming performance. A systematic review / L. Rodríguez González, E. Melguizo-Ibáñez, R. Martín-Moya, G. González-Valero // *Science & Sports*. – 2022. – P. 1-15. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.09.002> (дата обращения 13.02.2023).
23. Amaro, N. A systematic review on dry-land strength and conditioning training on swimming performance / N. Amaro, P. Morouco, M. Marques, N. Batalha, H. Neiva, D. Marinho // *Sci. Sports*. – Vol. 2019. – Art. 34. – P. 1–14.

24. Ruiz-Navarro, J.J. Understanding the effects of training on underwater undulatory swimming performance and kinematics / J.J. Ruiz-Navarro, M. Cano-Adamuz, J.T. Andersen, F. Cuenca-Fernández, G. López-Contreras, J. Vanrenterghem, R. Arellano // *Sports Biomech.* – 2021. – Vol. 4. – Art. 2021.1891276. – P. 1–16.
25. Eskiyecek, C.G. The Effect of 8-Week Core Exercises Applied to 10–12 Age Male Swimmers on Swimming Performance / C.G. Eskiyecek, M. Gül, B. Uludağ, G.K. Gül // *Int. J. Appl. Exerc. Physiol.* – 2020. – Vol. 9. – P. 213–220.
26. Alshdokhi, K.A.S. Effectiveness of strength training interventions on adolescent backstroke swimming performance: A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) / K.A.S. Alshdokhi. – New Zealand: School of Health Sciences, College of Education, Health and Human Development University of Canterbury, 2022. – 190 p.
27. Marques, M.C. In-season strength training in elite junior swimmers: the role of the low-volume, high-velocity training on swimming performance / M.C. Marques, J.M. Yáñez-García, D.A. Marinho, J.J. González-Badillo, D. Rodríguez-Rosell // *J Hum Kinet.* – 2020. – Vol. 74(1). – P. 71-84.
28. Sadowski, J. Transfer of dry-land resistance training modalities to swimming performance / J. Sadowski, A. Mastalerz, W. Gromisz // *J Hum Kinet.* – 2020. – Vol. 74(1). – P. 195-203.
29. Sammoud, S. The effects of plyometric jump training on jump and sport-specific performances in prepubertal female swimmers / S. Sammoud, Y. Negra, R. Bouguezzi, Y. Hachana, U. Granacher, H. Chaabene // *J Exerc Sci Fitness.* – 2021. – Vol. 19(1). – P. 25—31.
30. Schumann, M. Strength-training periodization: no effect on swimming performance in well-trained adolescent swimmers / M. Schumann, H. Notbohm, S. Bäcker, J. Klocke, S. Fuhrmann, C. Clephas // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2020. – Vol. 15(9). – P. 1-9.
31. Thng, S. Pushing up or pushing out—an initial investigation into horizontal-versus-vertical-force training on swimming start performance: a pilot study / S. Thng,

S. Pearson, J.W.L. Keogh // PeerJ (San Francisco, CA). – 2021. – Vol. 9. – Art. e10937.

32. Arsoniadis, G.G. Acute resistance exercise: physiological and biomechanical alterations during a subsequent swim-training session / G.G. Arsoniadis, G.C. Bogdanis, G. Terzis, A.G. Toubekis // Int J Sports Physiol Perform. – 2019. – Vol. 15(1). – P. 1-112.

33. Ji, M. Effect of dry-land core training on physical fitness and swimming performance in adolescent elite swimmers / M. Ji, J. Yoon, K. Song, J. Oh // Iran J Public Health. – 2021. – Vol. 50(3). – P. 540-549.

34. Cuenca-Fernández, F. Post high intensity pull-over semi-tethered swimming potentiation in national competitive swimmers / F. Cuenca-Fernández, N.M. Batalha, J.J. Ruiz-Navarro, E. Morales-Ortiz, G. López-Contreras, R. Arellano // J Sports Med Phys Fitness. – 2020. – Vol. 60(12). – P. 1526-1535.

35. Williams, T.D. Bench Press Load-Velocity Profiles and Strength after Overload and Taper Microcycles in Male Powerlifters / T.D. Williams, M.R. Esco, M.V. Fedewa, P.A. Bishop // J. Strength Cond. Res. – 2020. – Vol. 34. – P. 3338–3345.

36. Kubo, K. Effects of 4, 8, and 12 repetition maximum resistance training protocols on muscle volume and strength / K. Kubo, T. Ikebukuro, H. Yata // J. Strength Cond. Res. – 2021. – Vol. 35. – P. 879–885.

37. Heinonen, A. The prevalence of swimming injuries and their factors; A 12 month retrospective study / A. Heinonen, B. Waller, L. Ristolainen, U. Kujala // In Proceedings of the 12th Annual Congress of the European College of Sport Science, Jyväskylä, Finland, 28–30 October, 2020. – P. 112–113.

38. Pupiřová, Z. Organism response to load in swimming training / Z. Pupiřová, V. Franek, J. Kompán // Slovak Journal of Sport Science. – 2021. – Vol. 7. – No. 2. – P. 31-39.

39. Brunn, D. Silový tréning a maximálna aeróbná rýchlosť vo vytrvalostných športoch / D. Brunn, K. Bako. – Monografia. – 2021. – 164p.

40. Morgado, J.P. The cellular composition of the innate and adaptive immune system is changed in blood in response to long-term swimming training / J.P. Morgado, C.N. Matias, J.F. Reis, D. Curto, F.B. Alves, C.P. Monteiro // *Front. Physiol.* – 2020.

41. González Ravé, J.M. The Effects of Two Different Resisted Swim Training Load Protocols on Swimming Strength and Performance / J.M. González Ravé, A. Legaz-Arrese, F. González-Mohino, I. Yustres, R. Barragán, F. de Asís Fernández, D. Juárez, J.J. Arroyo-Toledo // *Journal of Human Kinetics.* – 2018. – Vol. 64. – P. 195-204. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30429911/> (дата обращения 09.03.2023).

42. Alshdoughi, K.A.S. Three weeks of combined resisted and assisted in-water training for adolescent sprint backstroke swimming: a case study / K.A.S. Alshdoughi, C. Petersen, J.C. Clarke // *Hum Mov.* – 2022. – Vol. 23(4). – URL: <https://doi.org/10.5114/hm.2022.110123> (дата обращения 05.10.2023).

43. Feijen, S. Monitoring the swimmer's training load: A narrative review of monitoring strategies applied in research / S. Feijen, A. Tate, K. Kuppens, L. A. Barry, F. Struyf. // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* – 2020. – Vol. 30(11). – Art. 2037e2043. – URL: <https://doi.org/10.1111/sms.13798> (дата обращения 24.05.2023).

44. West, S.W. More than a metric: How training load is used in elite sport for athlete management / S.W. West, J. Clubb, L. Torres-Ronda, D. Howells, E. Leng, J. D. Vescovi, J. Windt // *International Journal of Sports Medicine.* – 2021. – Vol. 42(4). – Art. 300e306.

45. Impellizzeri, F.M. Internal and external training load: 15 years On / F.M. Impellizzeri, S.M. Marcora, A.J. Coutts // *Int. J. Sport. Physiol. Perform.* – 2019. – Vol. 14. – P. 270–273.

46. Barry, L. International survey of training load monitoring practices in competitive swimming: How, what and why not? / L. Barry, M. Lyons, K. McCreesh, C. Powell, T. Comyns // *Phys. Therapy in Sport.* – 2022. – Vol. 53. – P. 51-59.

47. Barry, L. The relationship between training load and pain, injury and illness in competitive swimming: A systematic review / L. Barry, M. Lyons, K. McCreesh, C. Powell, T. Comyns // *Physical Therapy in Sport*. – 2021. – Vol. 48. – Art. 154e168.

48. Astridge, D. Training and academic demands are associated with sleep quality in high-performance “dual career” student swimmers / D. Astridge, A. Sommerville, M. Verheul, A. P. Turner // *European Journal of Sport Science*. – 2021. – Vol. 1e9. – URL: <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1857442> (дата обращения 20.06.2023).

49. Hellard, P. Elite swimmers’ training patterns in the 25 weeks prior to their season’s best performances: insights into periodization from a 20-years cohort / P. Hellard, M. Avalos-Fernandes, G. Lefort // *Front Physiol*. – 2019. – Art.10:363.

50. González-Ravé, J.M. Training intensity distribution, training volume, and periodization models in elite swimmers: a systematic review / J.M. González-Ravé, F. Hermosilla, F. González-Mohíno, A. D.B. Casado, Pyne // *Int J Sports Physiol Perform*. – 2021. – Vol. 16(7). – P. 913–926.

51. González-Ravé, J.M. Training periodization for a world-class 400 meters individual medley swimmer / J.M. González-Ravé, D.B. Pyne, J.A. del Castillo, F. González-Mohíno, M.H. Stone // *Biology of Sport*. – 2022. – Vol. 39(4). – P. 883–888. – URL: <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.109954> (дата обращения 17.03.2023).

52. Bompa, T.O. Periodization: theory and methodology of training / T.O. Bompa, C. Buzzichelli: Human kinetics. – 2018. – 392 p.

53. Pollock, S. Training regimes and recovery monitoring practices of elite British swimmers / S. Pollock, N. Gaoua, M.J. Johnston, K. Cooke, O. Girard, K.N. Mileva // *J Sports Sci Med*. – 2019. – Vol. 18(3). – Art. 577.

54. Głyk, W. Effects of a 12-Week Detraining Period on Physical Capacity, Power and Speed in Elite Swimmers / W. Głyk, M. Hołub, J. Karpínski, W. Rejdych, W. Sadowski, A. Trybus, J. Baron, Ł. Rydzik, T. Ambrozý, A. Stanula // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19.

– Art. 4594. – P. 20-11. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19084594> (дата обращения 12.01.2023).

55. Eriksson, R. Generating Weekly Training Plans in the Style of a Professional Swimming Coach Using Genetic Algorithms and Random Trees / R. Eriksson, J. Nicander, M. Johansson, C.M. Mattsson // Proceedings of the 9th International Performance Analysis Workshop and Conference & 5th IACSS Conference. PACSS 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1426. Springer, Cham, 2022. – P. 61-68. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-99333-7_9 (дата обращения 04.05.2023).

56. Eriksson, R. Automated Generation of Training Programs for Swimmers / R. Eriksson, J. Nicander: Master's Thesis, Chalmers University of Technology, 2021.

57. Zacca, R. Effects of detraining in age-group swimmers performance, energetics and kinematics / R. Zacca, A. Toubekis, L. Freitas, A.F. Silva, R. Azevedo, J.P. Vilas-Boas, D.B. Pyne, F.A.D.S. Castro, R.J. Fernandes // J. Sports Sci. – 2019. – Vol. 37. – P. 1490–1498.

58. Psilander, N. Effects of training, detraining, and retraining on strength, hypertrophy, and myonuclear number in human skeletal muscle / N. Psilander, E. Eftestøl, K.T. Cumming, I. Juvkam, M.M. Ekblom, K. Sunding, M. Wernbom, H.C. Holmberg, B. Ekblom, J.C. Bruusgaard // J. Appl. Physiol. – 2019. – Vol. 126. – P. 1636–1645.

59. West, R. The relationship between undulatory underwater kick performance determinants and underwater velocity in competitive swimmers: a systematic review / R. West, A. Lorimer, S. Pearson, J.W.L. Keogh // Sports Med – Open. – 2022. – Vol. 8. – Art. 95. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00485-0> (дата обращения 02.02.2023).

60. Rudnik, D.M. Factors determining biomechanical characteristics of the swimming start, their contribution to starting enhancement and its performance prediction / D.M. Rudnik: International Doctoral Thesis (PhD). – Porto, 2021. – 229 p.

61. Morais, J.E. Start and turn performances of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming / J.E. Morais, D.A. Marinho, R. Arellano, T.M. Barbosa // *Sports Biomech.* – 2019. – Vol. 18. – P. 100–114.
62. Sánchez, L. Analysis and influence of the underwater phase of breaststroke on short-course 50 and 100m performance / L. Sánchez, R. Arellano, F. Cuenca-Fernández // *Int. J. Perform. Anal.* – 2021. – Vol. 21. – P. 307–323.
63. Olstad, B.H. Key factors related to short course 100 m breaststroke performance / B.H. Olstad, H. Wathne, T. Gonjo // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2020. – Vol.17. – Art. 6257.
64. Takeda, T. Underwater flutter kicking causes deceleration in start and turn segments of front crawl / T. Takeda, S. Sakai, H. Takagi // *Sports Biomechanics.* – 2020. – P. 1–10. – URL: <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1747528> (дата обращения 20.07.2023).
65. Ikeda, Y. Relationship between dolphin kick movement in humans and velocity during undulatory underwater swimming / Y. Ikeda, H. Ichikawa, H. Shimojo, R. Nara, Y. Baba, Y. Shimoyama // *J. Sports Sci.* – 2021. – Vol. 39. – P. 1497–1503.
66. Shimojo, H. A quasi three-dimensional visualization of unsteady wake flow in human undulatory swimming / H. Shimojo, T. Gonjo, J. Sakakibara, Y. Sengoku, R. Sanders, H. Takagi // *J Biomech.* . – 2019. – Vol. 93. – P. 60–69.
67. Shimojo, H. Does ankle joint flexibility affect underwater kicking efficiency and three-dimensional kinematics? / H. Shimojo, R. Nara, Y. Baba, H. Ichikawa, Y. Ikeda, Y. Shimoyama // *J. Sports Sci.* – 2019. – Vol. 37(20). – P. 2339–2346.
68. Veiga, S. Effects of extended underwater sections on the physiological and biomechanical parameters of competitive swimmers / S. Veiga, R. Pla, X. Qiu, D. Boudet, A. Guimard // *Front. Physiol.* – 2022. – Vol. 13. – Art. 815766.
69. Veiga, S. Kinematic analysis of the underwater undulatory swimming cycle: a systematic and synthetic review / S. Veiga, J. Lorenzo, A. Trinidad, R. Pla, A. Fallas-Campos, A. de la Rubia // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2022. Vol 19.

– Art 12196. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph191912196> (дата обращения 02.02.2023).

70. Wadzyk, Ł. Gender effect on underwater undulatory swimming technique of young competitive swimmers / Ł. Wadzyk, R. Staszkiwicz, Ł. Kryst, M. Zeglen // *Acta Bioeng. Biomech.* – 2019. – Vol. 21. – P. 3–11.

71. Wadzyk, L. Relationship between somatic build and kinematic indices of underwater undulatory swimming performed by young male swimmers / L. Wadzyk, R. Staszkiwicz, M. Zeglen, Ł. Kryst // *Int. J. Perform. Anal. Sport.* – 2021. – Vol. 21. – P. 435–450.

72. Yamakawa, K. Changes in kinematics and muscle activity with increasing velocity during underwater undulatory swimming / K. Yamakawa, H. Shimojo, H. Takagi, Y. Sengoku // *Front. Sports Act. Living.* – 2022. – Vol. 15. – Art. 829618.

73. Tanaka, T. Competitive-Level differences in trunk and foot kinematics of underwater undulatory swimming / T. Tanaka, S. Hashizume, T. Sato, T. Isaka // *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022. – Vol. 19. – Art. 3998.

74. Stosic, J. How should the transition from underwater to surface swimming be performed by competitive swimmers? / J. Stosic, S. Veiga, A. Trinidad, E. Navarro // *Appl. Sci.* – 2021. – Vol. 11. – Art. 122.

75. Matsuura, Y. Muscle synergy of the underwater undulatory swimming in elite male swimmers / Y. Matsuura, N. Matsunaga, S. Iizuka, H. Akuzawa, K. Kaneoka // *Front. Sports Act. Living.* – 2020. – Vol. 3. – Art. 62.

76. Matsuda, Y. Three-dimensional lower-limb kinematics during undulatory underwater swimming / Y. Matsuda, M. Kaneko, Y. Sakurai, K. Akashi, S. Yasuo // *Sports Biomech.* – 2021. – Vol. 17. – P. 1–15.

77. Gonjo, T. Start and turn performances of competitive swimmers in sprint butterfly swimming / T. Gonjo, B.H. Olstad // *J. Sports Sci. Med.* – 2020. – Vol. 19. – P. 727–734.

78. Nicol, E. Stroke kinematics, temporal patterns, neuromuscular activity, pacing and kinetics in elite breaststroke swimming: a systematic review / E. Nicol, S. Pearson, D. Saxby, C. Minahan, E. Tor // *Sports Med – Open.* – 2022. – Vol. 8. –

Art. 75. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00467-2> (дата обращения 12.01.2023)].

79. Nicol, E. The temporal analysis of elite breaststroke swimming during competition / E. Nicol, N. Adani, B. Lin, E. Tor // *Sports Biomech.* – 2021. – URL: <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1975810> (дата обращения 05.09.2023).

80. Conceicao, A. Neuromuscular and motor patterns in breaststroke technique / A. Conceicao, A.J. Silva, T. Barbosa, J. Campanico, A. Costa, H. Louro // *Braz J Kineanthropometry Hum Perform.* – 2019. – Vol. 21. – P. 1–14.

81. Olstad, B.H. Muscle coordination, activation and kinematics of world-class and elite breaststroke swimmers during submaximal and maximal efforts / B.H. Olstad, J.R. Vaz, C. Zinner, J.M.H. Cabri, P.-L. Kjendlie // *J Sports Sci.* – 2017. – Vol. 35(11). – P. 1107–1117.

82. Olstad, B.H. Muscle activation in world-champion, world-class, and national breaststroke swimmers / B.H. Olstad, C. Zinner, J.R. Vaz, J.M.H. Cabri, P.-L. Kjendlie // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2017. – Vol. 12(4). – P. 538–547.

83. Gonjo, T. Differences between elite and sub-elite swimmers in a 100 m breaststroke: a new race analysis approach with time-series velocity data / T. Gonjo, B.H. Olstad // *Sports Biomechanics.* 2021. – P. 1-12. – URL: <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1954238> (дата обращения 09.03.2023).

84. Nicol, E. The association of range of motion, dryland strength–power, anthropometry, and velocity in elite breaststroke swimmers / E. Nicol, S. Pearson, D. Saxby, C. Minahan, E. Tor // *International Journal of Sports Physiology and Performance.* – 2022. – Vol. 17. – Iss. 8. – P. 1222–1230. – URL: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0544> (дата обращения 12.01.2023).

85. Gourgoulis, V. Intracyclic velocity variation of the center of mass and hip in breaststroke swimming with maximal intensity / V. Gourgoulis, S. Koulexidis, P. Gketzenis, G. Tzouras // *J Strength Cond Res.* – 2018. – Vol. 32(3). – P. 830–840.

86. Seffrin, A. Age-related performance determinants of young swimmers in 100– and 400-m events / A. Seffrin, C.A. De Lira, P.T. Nikolaidis, B. Knechtle, M.S. Andrade // *J Sports Med Phys Fitness.* – 2021. – URL: <http://dx.doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12045-6> (дата обращения 20.07.2023).

Научное издание

Авторы-составители:

Погребной Анатолий Иванович,
доктор педагогических наук, профессор

Комлев Игорь Олегович,
кандидат педагогических наук

переводчик: Литвишко Елена Владимировна

НОВОЕ В СИСТЕМЕ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ В ПЛАВАНИИ: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ.

Выпуск 27

Методическое пособие

Ответственный редактор
Технический редактор
Корректор
Оригинал-макет подготовил/а

А.А. Витер
Г.А. Ярошенко
Е.В. Чуйкова

Подписано в печать 29.12.2023 г.

Формат 60х90/16.

Бумага для офисной техники.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 22 экз. Заказ № 108.

Отпечатано на множительной технике.

Редакционно-издательский отдел
Кубанского государственного университета
физической культуры, спорта и туризма
350015, г. Краснодар, ул. Буденного, 161

