

Министерство спорта Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ТУРИЗМА»
(ФГБОУ ВО КГУФКСТ)

Методические рекомендации

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В
ЛЕТНИХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ЗАРУБЕЖНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»**

А.И. Погребной

Краснодар 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1 Плавание.....	4
1.1 Современные аспекты силовой подготовки в плавании	4
1.2 Актуальные направления тренировочного процесса в плавании	34
1.3 Современные аспекты технической подготовки в плавании	51
1.4 Медико-биологические аспекты в плавании	83
1.5 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в плавании.....	86
2 Легкая атлетика (беговые дисциплины).....	107
2.1 Тренировка бегунов	107
2.2 Прогнозирование результативности и подготовленности бегунов	151
2.3 Медико-биологические аспекты в подготовке бегунов.....	166
2.4 Психологические аспекты в подготовке бегунов.....	168
2.5 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в легкой атлетике (беговые дисциплины).....	176
3 Велосипедный спорт	200
3.1 Планирование и содержание тренировочного процесса в велоспорте.....	200
3.2 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в велосипедном спорте	241
4 Гребля	255
4.1 Современные аспекты тренировочного процесса гребцов.....	255
4.2 Медико-биологические аспекты подготовки гребцов.....	268
4.3 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в гребле.....	273
5 Триатлон.....	281

5.1 Основные модельные показатели подготовленности высококвалифицированных триатлонистов.....	281
5.2 Тактические аспекты и прогнозирование в современном триатлоне	301
5.3 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в триатлоне.....	314
6 Современные тенденции совершенствования физической, технической, тактической и психологической подготовки спортсменов высокого класса в летних циклических видах спорта.....	324
6.1 Современные тенденции построения тренировочного процесса спортсменов высокой квалификации в летних циклических видах спорта.....	324
6.2 Современные тенденции совершенствования силовой подготовки спортсменов высокой квалификации в летних циклических видах спорта.....	339
6.3 Современные тенденции совершенствования технической подготовки в летних циклических видах спорта.....	344
6.4 Современные тенденции совершенствования психологической подготовки в летних циклических видах спорта.....	348
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	355

В настоящих методических рекомендациях 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.

1 Плавание

1.1 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 результативность 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 применением 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 необходимой 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 количества 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.

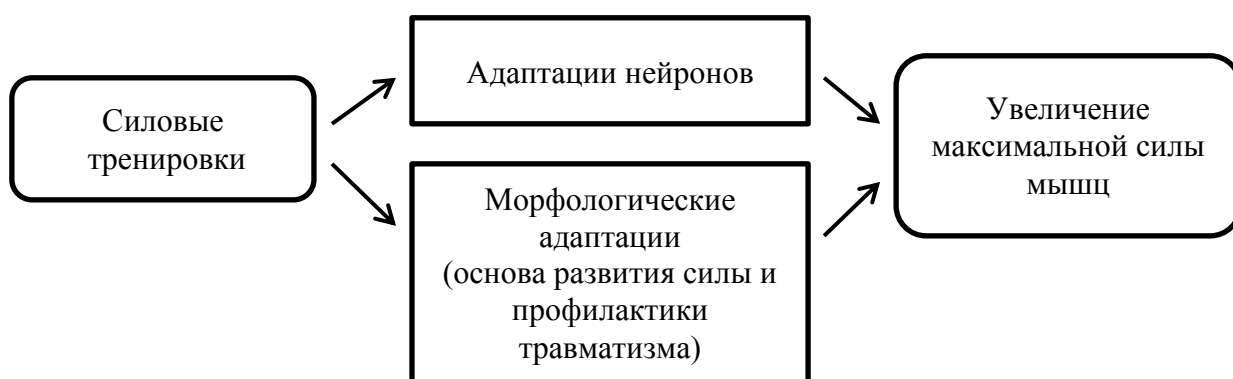


Рисунок 1 – Схема развития максимальной силы мышц [8]

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 перемещению 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).

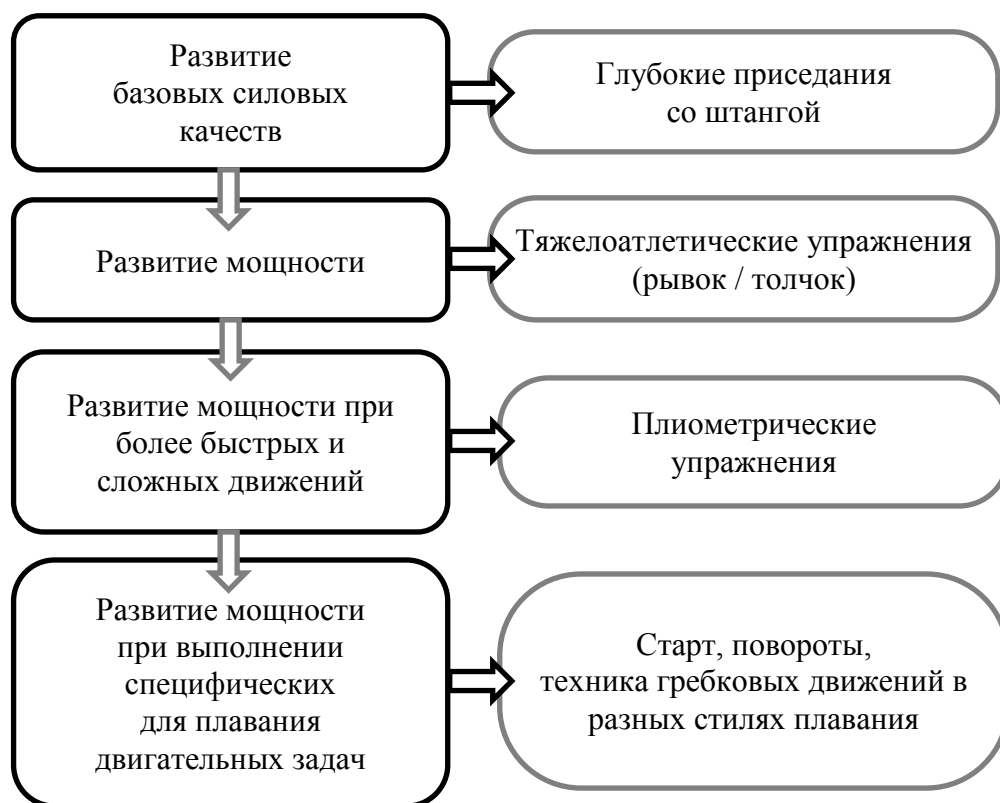


Рисунок 2 – Примерный образец выбора силовых упражнений в плавании [8]

Amara S. 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].

Price T.V.C. с соав [6] также указывает на популярность таких упражнений, как жим штанги лежа на скамье, сгибание-разгибание рук из вися 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 потенции) [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	Результаты
1	2
<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>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 (bilateral ankle jumps) для укрепления голеностопов. 4-6 подходов с 6-10 повторениями, интервал отдыха подходами 90 секунд.</p>	<p>Повышение эффективности выполнения прыжка вверх с приседом (CMJ) и прыжок вверх из приседа («squat jump» (SJ)), а также результатов плавательных тестов бассейне.</p>
<p>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.</p>	<p>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.</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>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.</p>	<p>Экспериментальная программа позволила повысить показатели силы, мощности и результативности плавания.</p>
<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>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).</p>	<p>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</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>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 (Russian twists); сгибание-разгибание рук из положения упор лежа.</p> <p>Первая программа была направлена на развитии силы мышц (каждое из упражнений выполнялось в 3 подхода с 6-18 повторениями).</p> <p>Вторая программы была направлена на развитие взрывной силы (каждое из упражнений выполнялось в 3 подхода по 10-25 секунд).</p>	<p>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.</p>
<p>4-недельная программа тренировок в зале на эргометре с инерционной блочной системой (3 тренировок в неделю).</p> <p>Упражнения выполнялось пловцом лежа лицом вниз на скамье и включало полное разгибание предплечий из положения в 90°, что способствовало укреплению мускулатуры задней поверхности плеча.</p> <p>4 подхода продолжительностью 15 секунд с 60-секундными интервалами отдыха между ними.</p>	<p>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.</p>
<p>Экспериментальные тренировки проводились в двух группах.</p> <p>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.</p> <p>Во время следующей тренировки члены каждой группы выполняли упражнения, применяемые другой группой во время предыдущей тренировки.</p>	<p>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.</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>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 («bird dog»)), 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 (russian twists); рывок штанги; ходьба со штангой над головой.</p>	<p>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.</p>
<p>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 («flutter kicks»); одновременные подъемы туловища и одной из ног поочередно («single leg V-ups»); растяжка туловища на фитболе; скручивания туловища из положения сидя с приподнятыми ногами (russian twists). Каждое упражнение выполнялось в 4 подхода по 40 секунд, интервал отдыха 20 секунд между подходами.</p>	<p>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%.</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>9-недельная программа комбинированных силовых тренировок в зале и тренировки силы и выносливости на воде).</p> <p>Работа в зале – 2 тренировки в неделю.</p> <p>Упражнения: жим штанги лежа на скамье с интенсивностью 60-80% 1RM; броски медицинского мяча</p> <p>3-6 подходов по 6-12 повторений.</p> <p>Силовая работа в воде – 4 тренировок в неделю совместно с традиционными тренировками по плаванию,</p> <p>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.</p>	<p>Данная программа способствовала повышению результативности плавания у пловцов по сравнению с традиционной программой тренировок по плаванию.</p>
<p>Три 9-недельных программы силовых тренировок: высокого, среднего и низкого объема (3 тренировки в неделю по 60-70 минут).</p> <p>Упражнения: жим штанги лежа на скамье и разгибание голени («leg extension»).</p> <p>Нагрузка 85-95% 1RM.</p> <p>Программа высокообъемных тренировок (5-6 подходов по 3-5 повторений)</p> <p>Программа тренировок среднего объема (4-5 подходов по 3-5 повторений)</p> <p>Программа низкообъемных тренировок (3-4 подхода по 3-5 повторений).</p>	<p>Программа высокообъемных тренировок (ЭГ1) способствовала достижению несколько более высокой результативности плавания по сравнению с двумя другими программами.</p>
<p>Экспериментальная силовая тренировка в зале продолжительностью 45 минут.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	<p>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.</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>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.</p>	<p>Пловцы, выполнявшей тренировки по развитию максимальной силы, несколько улучшили показатели времени плавания.</p>
<p>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</p>	<p>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</p>
<p>8-недельная программа плиометрических тренировок (2 тренировки в неделю по 25-30 минут). Упражнения: прыжки на носках с перемещением вперед на прямых ногах (bilateral ankle jumps) 4-6 подходов по 6-10 повторений, интервал отдых между подходами 90 секунд.</p>	<p>У пловцов из ЭГ, выполнявших плиометрические тренировки, наблюдалось улучшение показателей силы мышц и результативности плавания. При этом результаты ЭГ были ниже, чем в КГ.</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>Две 16-недельные программы силовых тренировок, адаптированные для пловцов-спринтеров и пловцов, специализирующихся на средних дистанциях.</p> <p>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.</p> <p>Упражнения: полные приседания со штангой на плечах; становая тяга; сгибание-разгибание рук из вися на перекладине; жим штанги лежа на скамье; выпады; сгибание голени; гребля; вращения в плечевом суставе; приведение рук, сгибание-разгибание из упора на брусьях или на скамье («dips»); сгибание-разгибание рук из вися 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.</p> <p>Первой программа (увеличение мышечной массы) 3 подхода по 6-10 повторений. Вторая программа (развитию максимальной и взрывной силы) 3 подхода по 3-4 повторения.</p>	<p>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.</p>
<p>8-недельная программа развития мышц туловища (core), 3 тренировки в неделю.</p> <p>Упражнения на развитие мышц живота и поясничного отдела.</p> <p>3-4 подхода по 15-20 повторениями, интервал отдыха между подходами 1-3 минутами.</p>	<p>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.</p>
<p>6-недельные силовые и баллистические тренировки (по 3 тренировки в неделю)</p> <p>Силовые тренировки (СТ):</p> <p>Упражнения: жим штанги лежа на скамье; жим ногами; тяга на скамье; жим от плеч (от груди); сгибание-разгибание рук из вися на перекладине; приседания со штангой (интенсивность нагрузки: 85–90% 1RM)</p> <p>4–5 подходов по 5–8 повторений; интервал отдыха между подходами 3–4 мин.</p> <p>Баллистические тренировки (БТ):</p> <p>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)</p> <p>4–5 подходов по 3–5 повторений; интервал отдыха между подходами 2–3 мин.</p>	<p>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).</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>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</p>	<p>Максимальная дистанция проплывания до всплытия после отталкивания от стенки при повороте (м) увеличилась в ЭГ - на 14,9%, в КГ - на 4,1%</p> <p>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%</p>
<p>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 («flutter kicks»); 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 (russian twists); 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</p>	<p>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.</p>

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 (ОИВНт – 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. Amara S. 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 Kubo K. 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 ± 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 (голени).

5 1RM - одноповторный 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].

1.2 Актуальные направления 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]. Purišová Z. 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]

Зона интенсивности	Этап ступенчатого теста					Этап ступенчатого теста				
	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, Purišová 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. González Ravé 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).

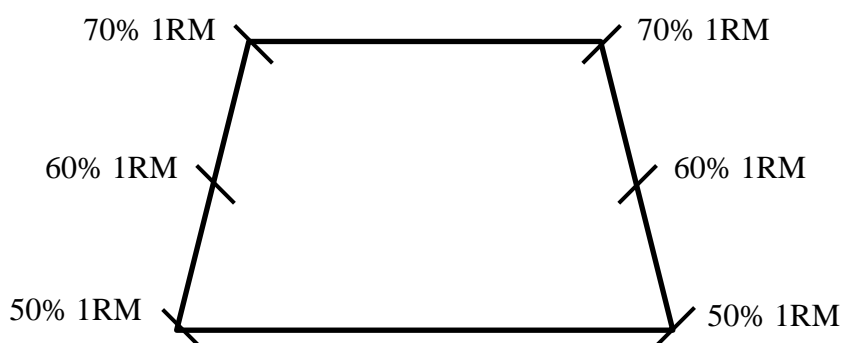


Рисунок 3 – Схема поэтапного распределения нагрузки пловцов в виде усеченной пирамиды

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 («maximum drag load») на 3,94%, специальной мощности плавания («specific swimming power») на 6%, - изокINETической силы («isokinetic force production») 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 (ОИВНт) 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 избежать

риски, связанные с возможным влиянием повышенных нагрузок, необходимых для развития физической адаптации и достижения высокой результативности в спортивной деятельности [45].

Barry L. 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 Barry L. 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 Barry L. 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

Barry L. 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, надежности и достоверности 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 мезоциклов [52]. При этом их продолжительность в первом макроцикле составляет 6, 10 и 2 недели, соответственно; во втором – 4, 7 и 3 недели, в третьем - 3, 10 и 4 недели, 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]

Зона интенсивности	Содержание тренировок	Уровень приоритета			
		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 производстве 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 специальноподготовительного 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.

Достигнутые 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 Głuk W. с соав. [54] описали 20-недельный макроцикл подготовки пловцов высокой квалификации (20,4 ±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 проплыли 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 проплыли 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.

Eriksson R. с соав. [55], [56] разработали компьютерную модель планирования недельных тренировок GERT («Genetic and Random Trees training 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 воспроизвели 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 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. 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 (СМЖ) 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 («crawl legs»), 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].

1.3 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 стартовом блоке: одна нога располагается у переднего края блока, а другая - сзади), который успешно применялся в течение следующих нескольких лет. Он был скопирована 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).

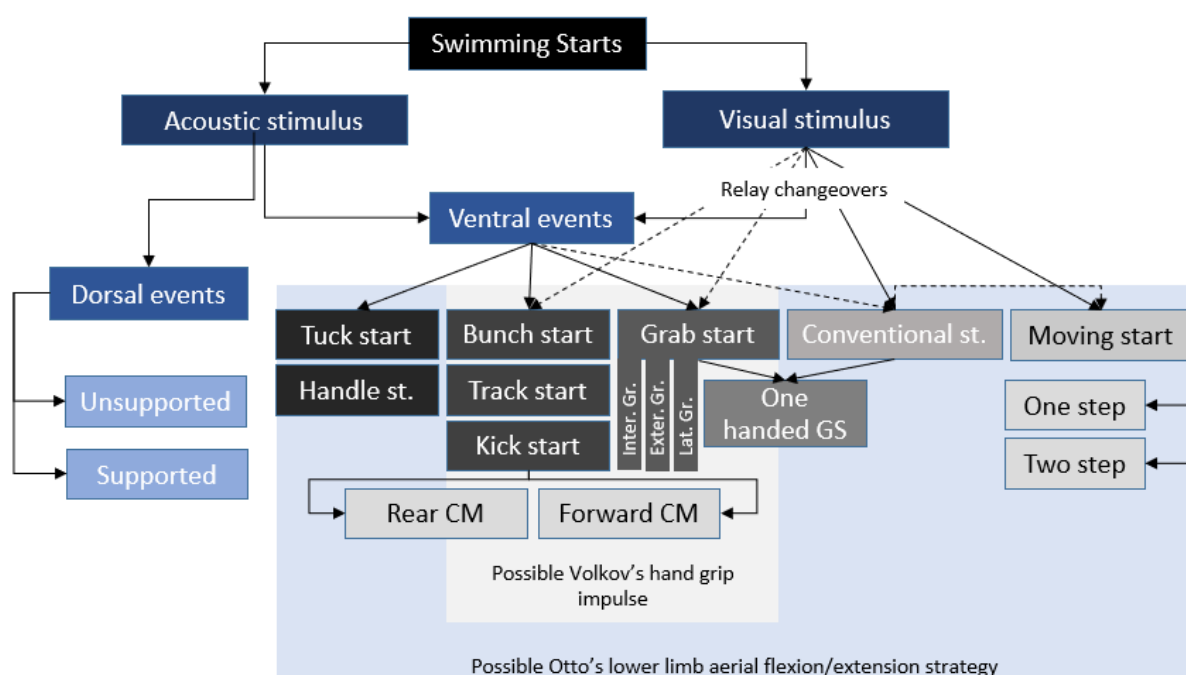


Рисунок 5 – Позиции старта в плавании с учетом расположения конечностей [60]

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 Rudnik D.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 прыжков 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].

West R. 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 [41. Ikeda Y, Ichikawa H, Shimojo H, Nara R, Baba Y, Shimoyama Y. Relationship between dolphin kick movement in humans and velocity during undulatory underwater swimming. J Sports Sci. 2021;25:1–7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1881313>]. 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 суставов 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°, в коленном суставе – 71-89°, в голеностопном суставе – 34-64°;

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/с на 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	-	1.43 ± 0.54	0.67 ± 0.20	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.
1.17 ± 0.04	-	1.99 ± 0.27	0.48 ± 0.06	
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

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	0.69 ± 0.08	2.32 ± 0.40	0.49 ± 0.05	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.
1.31 ± 0.09	0.58 ± 0.07	2.22 ± 0.29	0.46 ± 0.07	
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.

- 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 – $624-702^\circ/\text{с}$, минимальные показатели угловой скорости – а верхней части туловища – $122-100^\circ/\text{с}$, 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.

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.

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.

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].

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 внутрициклового 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 значения 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 $11,10 \pm 5,0\%$).

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
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		

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). 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 брассе [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 б). 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.

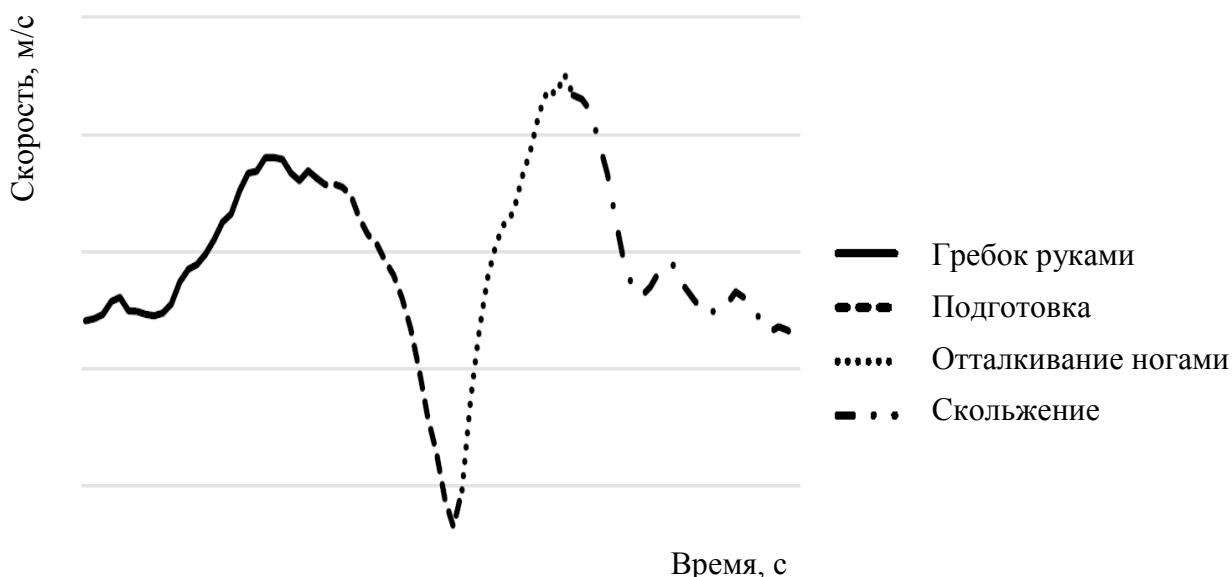


Рисунок б - График времени-скорости цикла гребка в плавании брассом [78]

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 брассе существенно отличается. Например, трехглавая мышца плеча «triceps brachii» (TB), двуглавая мышца плеча «biceps brachii» (BB) и большая грудная мышца «pectoralis major» (PM) 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), трапециевидной 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 трапециевидные мышцы для обеспечения последующей фазы восстановления рук. Активация трапециевидных 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 трапециевидные 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. 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 (СМЖ) 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 (СМЖ).

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 (СМЖ) (момент импульса), см	42,96 (8,23)*	30,67 (5,07)
Средняя концентрическая сила при выполнении прыжка вверх приседом (СМЖ), Н	1672,00 (214,56)*	1137,67 (68,50)
Импульс концентрической силы при выполнении прыжка вверх приседом (СМЖ), 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 - * $P < 0,05$.

Е. Nicol с 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).

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 (СМЖ)	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 (СМЖ)	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	$y = 0.01x^2 + 0.17x + 1.41$

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 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 (СМЖ)	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 (СМЖ)	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].

Gonjo T. с соав. [83] исследовали различия между пловцами-брассистами 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 АИМ. 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].

1.4 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 взаимосвязью 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 у нарушению сократительную способность 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 отмечают 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].

1.5 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 мезоциклов. 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 сохранение 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 компьютерную модель планирования недельных тренировок GERT («Genetic and Random Trees training 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. 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 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. 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 («maximum drag load»), специальной мощности плавания («specific swimming power»), изокинетической силы («isokinetic force production»); 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 (ОИВН_т) 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 (ОИВН_т), 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 движения 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 прыжков вверх с приседом (СМД) 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 СМД, что подтверждает важность функциональных характеристик нижних конечностей во время старта. Основные переменные кривой «сила-время» СМД 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 - $702^\circ/\text{с}$, минимальные показатели угловой скорости – а верхней части туловища – 122 - $100^\circ/\text{с}$, 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. 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.

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 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 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 $-30^\circ < CRP < 30^\circ$, 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).

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 минимальных 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 брассе позволяют прогнозировать показатели предполагаемой средней скорости плавания в брассе. 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.

2 Легкая атлетика (беговые дисциплины)

2.1 Тренировка бегунов

Главной задачей тренировок в беге на длинные дистанции (БДД) является улучшение трех основных показателей работоспособности: максимального потребления кислорода (МПК), определяющего максимальное количество и скорость поглощения и утилизации кислорода организмом во время физических нагрузок); фракционного потребления («fractional utilization») – способность переносить высокие значения МПК во время бега; экономичности бега – минимальное потребление кислорода (ПК) при заданной субмаксимальной скорости бега). Эти показатели отражают способность к ресинтезу аденозинтрифосфата (АТФ) аэробным путем и преобразованию мышечной работы в мощность/скорость бега [87], [88].

Бегуны мирового класса демонстрируют различные оптимальные комбинации значений этих показателей, при этом «приемлемое значение» одного показателя может компенсироваться чрезвычайно высокими величинами других показателей. При этом выделяется четвертый показатель работоспособности – соотношение нервно-мышечной мощности и анаэробных возможностей, который играет важную роль на конечном решающем этапе забега, определяя успех применяемой в ходе забега тактики [89]. Некоторые исследователи предлагают также учитывать пятый показатель результативности – устойчивость к развитию утомления, связанную с развитием специфических реакций адаптации, замедляющих процесс снижения функционирования и утомления мышц и обеспечивающих сохранение темпа гонки на протяжении последних 7-10 км марафона во время соревнований элитного уровня [90], [91].

Науген Т. с соав. [92] указывают, что спортивные ученые

преимущественно занимаются изучением особенностей текущего процесса подготовки спортсменов высокого класса, а в меньшей степени разработкой и внедрением потенциально полезных инноваций в тренировочный процесс. При этом проведение тщательно контролируемых и технически укомплектованных лабораторных исследований, направленных на изучение повышения всех физиологических показателей работоспособности в БДД, в течение продолжительных периодов (от нескольких месяцев до нескольких лет) трудно осуществить на практике. При этом в распоряжении международного сообщества бегунов на длинные дистанции, их тренеров и специалистов в открытом доступе находятся сведения об основных принципах тренировок, тренировочные планы, описания отдельных тренировок, используемые тренерами ведущих спортсменов, призеров международных соревнований по легкой атлетике и главных мировых марафонов. Вместе с тем необходимо учитывать, что описание тренировок чемпионов некорректно принимать как «лучшую» методику подготовки, подходящую всем, несмотря на подтверждение ее эффективности практическими результатами. Поэтому комбинированное применение источников данных, полученных при проведении научных исследований и результатами практической работы тренеров и спортсменов является отправной точкой для разработки современных рекомендаций по проведению тренировок и предложению новых гипотез для проверки в ходе будущих исследований [93]-[96].

Науген Т. с соав [92] предприняли попытку интеграции результатов научных исследований и подтвержденные результатами практические разработки и методики специальных тренировок и развития работоспособности у бегунов на длинные дистанции уровня элиты.

При этом, характеризуя периодизацию тренировок и расписание соревнований, указывается, что ведущие спортсмены и работающие с ними специалисты обычно подразделяют тренировочный год (макроцикл) на четко разграниченные фазы (мезо- и микроциклы), обеспечивающие выход на пик

спортивной формы перед главными соревнованиями. Макроцикл бегунов на длинные дистанции, участвующих в легкоатлетических соревнованиях на беговых дорожках стадионов (легкоатлетов-стайеров), обычно включает три фазы: подготовительный период, соревновательный период и переходный период. Переходный период начинается сразу после завершения соревновательного сезона и обычно предусматривает одну-две недели отдыха или восстановительных тренировок и низкоинтенсивного бега, хотя некоторые спортсмены полностью прекращают свою спортивную деятельность на срок до 4 недель. Подготовительный период обычно подразделяется на периоды общей и специальной подготовки. Во время периода общей подготовки основное внимание уделяется высокообъемным тренировкам, направленным на создание базовых аэробных способностей для дальнейшей спортивной подготовки. В специальном периоде подготовки акцент постепенно смещается к преимущественному применению более высокого объема специальных тренировок с интенсивностью на уровне соревновательного темпа. Высокая эффективность подобной организации тренировок подтверждается недавно проведенными исследованиями [97]. В то время как модель Л.П. Матвеева предусматривает значительное смещение фокуса внимания от объема к интенсивности по мере приближения соревновательного периода, большинство современных легкоатлетов-стайеров сохраняют высокий объем тренировок ниже анаэробного порога в течение подготовительного и соревновательного периодов и стремятся ограничить тренировки в соревновательном темпе или не вводить их слишком рано в свой годовой тренировочный цикл [92].

Некоторые легкоатлеты-стайеры используют двойную периодизацию (две фазы выхода на пик спортивной формы), которая включает фазу подготовки, затем сезон соревнований внутри страны или с отдельными странами, снова фазу подготовки и, наконец, сезон главных международных соревнований по легкой атлетике (продолжающийся обычно в течение 3-4 месяцев с мая по сентябрь включительно). Однако большинство

легкоатлетов-стайеров мирового класса используют одинарную периодизацию. Они могут участвовать во внутренних соревнованиях или в соревнованиях между отдельными странами во время подготовительного периода, но при этом они используют данные соревнования как часть своего тренировочного процесса. Таким образом современные бегуны участвуют в 9 ± 3 ежегодных соревнованиях, из которых 6 ± 3 представляют собой международные турниры, предшествующие Олимпийским играм или чемпионату мира. Примерно половина этих международных соревнований составляют выступления на более коротких дистанциях (1500–3000 м), другая половину – соревнования на дистанциях 5000 или 10000 м. Ни один из легкоатлетов-стайеров обычно не участвует в соревнованиях на дистанции длиннее, той на которой он специализируется (например, в полумарафоне) в течение 3-4 месяцев перед проведением Олимпийских игр или чемпионата мира. Последнее соревнование перед Олимпийскими играми или чемпионатом мира спортсмены стараются провести за 4 ± 2 недели. После этого легкоатлеты участвуют еще в 3 ± 2 дополнительных соревнованиях, которые проводятся через 2-4 недели после их наиболее успешного чемпионата [92].

Бегуны-марафонцы применяют другие модели периодизации своих тренировок в течение года. Они участвуют в 6 ± 2 соревнованиях в течение своего самого успешного года, что примерно на 50% меньше чем легкоатлеты-стайеры. Эти соревнования включают 2 ± 1 марафона (с интервалом минимум 3), 1 ± 1 полумарафон, и 3 ± 3 стартах на дистанции от 5 до 15 км. Их последнее соревнование перед Олимпийскими играми, чемпионатом мира или одним из стартов серии World Marathon Major проводятся за 10 ± 5 недель до каждого из этих главных соревнований. Марафонцы обычно используют двойную периодизацию, главной задачей которой является выведение спортсменов на пик их формы перед весенним и осенним марафонами, после которых в течение 7-14 дней тренировки либо полностью прекращаются, либо проводятся в очень легкой форме.

Предшествующие главным марафонам 5-6 месяцев обычно подразделяются на этапы общей и специальной подготовки. В течение всего периода подготовки акцент постепенно смещается от применения высокого общего объема беговых тренировок к увеличению объема бега в соревновательном темпе или близком к нему. Во втором случае увеличение объема достигается либо путем постепенного увеличения общей продолжительности тренировок в целевом темпе, либо использования высокого объема интенсивных тренировок и последующего медленного увеличения темпа бега. Некоторые марафонцы даже используют модель обратной линейной периодизации, когда наиболее высокие объемы бега применяются в течение последних недель, которые предшествуют фазе подводки перед соревнованием [98].

Основные современные методы специальных тренировок в БДД включают разные формы продолжительного непрерывного бега и интервальных тренировок (таблица 15) [92]. Совокупный эффект от высокой частоты и объема низкоинтенсивных тренировок (НИТ) (например, «легкий бег» («легкие пробежки»)) считается важным стимулом для развития периферических механизмов адаптации (например, улучшение эффективности митохондриального биогенеза и повышение плотности капилляров в скелетных мышцах) [99]. Большой совокупный объем низкоинтенсивных беговых упражнений является характерным признаком тренировок спортсменов с высокой экономичностью бега. При этом непрерывный бег наиболее эффективен для стимулирования соответствующих механизмов адаптации. Предполагается, что высокие объемы НИТ обеспечивают более эффективную нейронную самосинхронизацию, меньшую изменчивость движений и снижение затрат энергии при выполнении движений.

По сравнению с высокой частотой применения низкоинтенсивных тренировок, высокоинтенсивные тренировки (ВИТ) в большей степени стимулируют развитие центральных механизмов адаптации (например, увеличение ударного объема сердца). Однако у высококвалифицированных

Таблица 15 – Основные методы специальных тренировок бегунов на длинные дистанции мирового класса [92]

Методы	Описание
Непрерывный бег	
Разминка/заминка, легкая пробежка	Низкоинтенсивный бег (обычно на 3-5 км/ч медленнее темпа марафона, т.е., 3:45–4:30 и 4:15–5:00 мин/км для мужчин и женщин), однако, последняя часть разминки может приближаться к темпу марафона, выполняемого преимущественно на мягкой поверхности (трава, лесистая местность, лесные тропы и т.п.). Типичная продолжительность разминки/заминки составляет 10–30 мин. Легкие пробежки обычно применяются до или после напряженных тренировок с типичной продолжительностью 40–70 мин.
Длительный бег	Низкоинтенсивный бег в устойчивом состоянии (примерно на 1–2 км/ч медленнее темпа марафона, т.е., 3:05–3:30 и 3:30–4:00 мин/км для мужчин и женщин, при этом бегуны-марафонцы используют более быстрые конечные величины указанных пределов). Типичная продолжительность длительного бега составляет 45–120 мин для легкоатлетов-стайеров и 75–165 мин для марафонцев. Темп бега не обязательно должен быть постоянным на протяжении тренировки. Данный тренировочный метод более специфичен для марафонцев, чем для легкоатлетов-стайеров.
Бег по холмам	Низкоинтенсивный бег вверх по холмам (с уклоном 3–6%). Типичная продолжительность: 20–45 мин (6–10 км)
Пороговый бег (также называется темповым бегом)	Устойчивый бег умеренной интенсивности/в темпе полумарафона (т.е., 2:50–3:05 и 3:05–3:30 мин/км для мужчин и женщин). Типичная продолжительность: 20–50 мин (7-15 км). Тренировка не должна быть слишком утомительной.
Фартлек	Неструктурированный бег по разной местности продолжительностью 30-60 мин, при котором периоды быстрого бега чередуются с периодами более медленного бега. Различия в распределении темпа определяются ощущениями и ритмами спортсмена и характером местности.
Прогрессивный длительный бег	Распространенная форма тренировок, часто используемая африканскими бегунами. Первая часть тренировки похожа на легкую пробежку. После прохождения примерно половины дистанции бег постепенно убыстряется. В заключительной части темп возрастает до темпа полумарафона или слегка превышает его. Типичная продолжительность: 45-90 мин. Спортсменам рекомендуется замедлять темп, когда он становится слишком напряженным.

Продолжение таблицы 15

Методы	Описание
Интервальные тренировки	
Пороговые интервалы (также называемые темповыми интервалами)	Интервалы продолжительностью 3–15 мин с интенсивностью, близкой к темпу полумарафона или слегка превышающей его. Типичные тренировки: 10–12 × 1000 м с 1 мин отдыха или легкого бега трусцой между интервалами, 6–8 × 1500–2000 м с 1-2 мин отдыха или легкого бега трусцой между интервалами, или 4 × 5000 м с легким бегом трусцой на дистанцию 1000 м между интервалами. Рекомендуемое общее время интервальной тренировки для бегунов элитного уровня: 30–75 мин. Подобные интервальные тренировки являются более предпочтительными, поскольку они позволяют спортсмену накапливать большее общее время бега, чем при выполнении непрерывного порогового бега.
МПК-интервалы	Интервалы продолжительностью 2-4 мин в темпе бега от 3000 до 10000 м с периодами восстановления между интервалами продолжительностью 2-3 мин. Типичные тренировки: 4–7 × 800–1000 м или 2 × (6 × 400 м) с 30–60 с и 2–3 мин восстановления между интервалами и подходами (сериями), соответственно. Рекомендуемое общее время интервальной тренировки для бегунов элитного уровня: ~ 15–20 мин. Этот тренировочный метод более специфичен для легкоатлетов-стайеров, чем для марафонцев.
Тренировки толерантности к лактату	Бегуны на 5000 м выполняют 1–2 еженедельных тренировок при высоких уровнях лактата во время предсоревновательного и соревновательного периода. Подобные интервалы обычно варьируют в пределах от 150 до 600 м в темпе забегов на 800–1500 м с перерывами на восстановление продолжительностью 1-3 мин. Типичные тренировки: 10–16 × 200 м с 1 мин восстановления между интервалами или 1–2 × (10 × 400 м) с 60–90 с и 3–5 мин восстановления между интервалами и подходами, соответственно. Совокупная дистанция во время интервальных тренировок спортсменов элитного уровня колеблется в пределах от 1500 до 8000 м.
Повторения бега по холмам	Главная цель данных тренировок состоит в перегрузке горизонтальных рабочих (создающих движущую силу) групп мышц при одновременном снижении баллистической нагрузки. Типичный уклон составляет 5–10%, и продолжительность повторений варьирует от ~ 30 с до ~ 4 мин в зависимости от интенсивности, цели (аэробные интервальные тренировки, тренировки по уровню лактата или толерантности к лактату) и времени сезона. Типичные тренировки: 8–10 × 200 м с легким бегом трусцой во время периодов восстановления.

Продолжение таблицы 15

Методы	Описание
Интервальные тренировки	
Тренировки скорости	
Спринты	5–15-секундные забеги с близким к максимальному или максимальным усилием и полным восстановлением. Эти забеги могут выполняться в форме бега маховым шагом, прогрессивного бега, спринтов по холмам или летучих спринтов (flying sprints), последние отличаются меньшей степенью ускорения, что позволяет преодолевать более высокую общую дистанцию с более высокими скоростями. Главная цель этих тренировок состоит в развитии или поддержании максимальной скорости спринта без высоких уровней образования лактата.

Примечание – Применяемые в разных методах скорости бега определяются на основе бега на уровне моря по ровной местности. Тренировки эволюционируют в течение тренировочного года, подвергаясь прогрессивным изменениям продолжительности, количества повторений, скорости бега и/или времени восстановления между повторениями (в зависимости от цели тренировки). В ранее опубликованной литературе применяются разные определения «порогового» бега. Здесь понятие «пороговый» подразумевают бег с интенсивностью, близкой к темпу полумарафона. Для спортсменов элитного уровня темп полумарафона означает достижение верхнего предельного значения интенсивности, на основе показателей ЛП₁ и ЛП₂, и приближение к максимальному устойчивому состоянию лактата/метаболическому состоянию.

спортсменов, которые выполняют высокий общий объем тренировок, дальнейшее повышение МПК после периодов усиленного применения ВИТ не наблюдается на постоянной основе. В то же время увеличивается количество научных данных, свидетельствующих о том, что ВИТ лучше стимулируют периферические механизмы адаптации мотонейронов в быстро сокращающихся волокнах рабочих мышц посредством метаболического пути сигнализации, приводящего к синтезу аденозинмонофосфата (АМФ) [100], [101]. В сумме ВИТ и НИТ вызывают комплексную последовательность перекрывающихся и дополняющих друг друга реакций адаптации [102].

Влияния сигнальных и стрессовых адаптивных реакций в ходе НИТ или ВИТ можно оценить только с учетом суммарной продолжительности времени их воздействия. 2-3 интервальные тренировки в неделю, длительный бег раз в неделю и остальное время посвящается таким большим объемам НИТ, какое только возможно – это описание организации тренировочного процесса у большинства успешных бегунов на длинные дистанции в течение последних пяти десятилетий. Однако в то время как интервальные тренировки считаются ключевыми у легкоатлетов-стайеров, основное внимания марафонцев уделяется еженедельным длительным забегам [92].

Бег может осуществляться в течение меньшего общего тренировочного времени по сравнению с другими видами циклической двигательной активности и связано это с более высокими механическими и баллистическими нагрузками [103]. Поэтому высказываются предположение, что «перекрестные» тренировки (альтернативные виды двигательной активности, которые включают плавание, езду на велосипеде, бег на лыжах и упражнения на эллиптических тренажерах) должны применяться высококвалифицированными бегунами на длинные дистанции в большем объеме для обеспечения аналогичного тренировочного стимула, необходимого для развития центральных и периферических механизмов адаптации, при меньших механических нагрузках на мышцы (то есть снижение риска травматизма и профилактика монотонности тренировочного

процесса). Дополнительные менее специфические формы тренировок используются в меньших дозах (по сравнению с дозировкой специальных беговых тренировок) и обычно применяются в виде определенных комбинаций следующих типов тренировок: силовых тренировок с использованием свободных весов или приспособлений (приседания, подъемы на грудь, выпады, шаги на степе, жим ногами и т.п.) без эффекта чрезмерной гипертрофии; круговых тренировок с применением упражнений с отягощением весом собственного тела; тренировок по развитию силы/стабильности мышц туловища («core») (например, подъемом тела к согнутым ногам и упражнения для спины); плиометрических тренировок в форме вертикальных и горизонтальных многократных прыжков на траве, наклонных поверхностях, ступеньках, холмах (напр., длинные и короткие скачки, прыжки из приседа) или перепрыгиваний через предметы или барьеры. При этом целесообразно использовать большее количество силовых тренировок, тренировок мощности и плиометрических тренировок с начала до середины подготовительного периода (примерно два раза в неделю) по сравнению с соревновательным периодом (раз в неделю или полностью исключить) [92].

В отношении объема тренировок бегунов на длинные дистанции существуют сведения, что большинство мировых лидеров в марафоне тренируются 500-700 ч в год, а объем тренировок специализирующихся на длинных дистанциях бегунов-легкоатлетов варьирует в пределах от 450 до 600 ч в год. Такие широкие пределы в тренировочном объеме объясняются индивидуальными различиями переносимости механических тренировочных нагрузок, распределения интенсивности, готовности к риску, в опыте тренировок (спортивный стаж), применения «перекрестных» тренировок, генетических особенностей и также психологическими факторами. БДД представляет собой физическое упражнение с переносом веса, в котором мышцы и сухожилия испытывают высокие нагрузки при выполнении быстрых плиометрических действий во время каждого бегового шага.

Поэтому как общий тренировочный объем, так и продолжительность низкоинтенсивных тренировок являются относительно низкими в БДД по сравнению с другими видами спорта. Для поддержания относительно высокого объема тренировок спортсмены мирового класса компенсируют малую продолжительность отдельных тренировок по бегу их проведением два раза в день в течение большей части недели. Многие бегуны на длинные дистанции с целью увеличения тренировочного объема предпочитают использовать при тренировках проселочные дороги и лесные маршруты (а не мощеные или асфальтированные дороги) для снижения механических ударных нагрузок, обусловленных взаимодействием между ногами спортсмена и поверхностью опоры и возникающих в результате сил. При этом большинство марафонов выполняются исключительно на твердых поверхностях, поэтому спортсменам следует проводить свои тренировки по длительному бегу в ходе специальной подготовки к соревнованиям на асфальтированных или других твердых поверхностях. Вместе с тем последние разработки в области производства спортивной обуви позволили значительно повысить результативность в БДД. В настоящее время легкоатлетическая обувь является объектом строгого регулирования и дальнейшего тестирования. Например, их вес, состав использованных для изготовления материалов, толщина пяточной части и жесткость при изгибе способствовало значительному повышению экономичности (и тем самым результативности) бега. Бегуны отмечают, что применение инновационных технологий изготовления спортивной обуви обеспечило снижение болезненных ощущений в мышцах и повышение толерантности к беговым тренировкам, что привело к некоторому увеличению их объема [92].

В то время как большинство научных исследований обычно только предоставляют информацию о тренировочном объеме во время макро- и мезоциклов [104], анализ результатов практики спорта позволяет получить более подробные данные о колебаниях объема тренировок на протяжении тренировочного года. Поскольку причиной большинства травм считается

быстрое чрезмерное увеличение тренировочной нагрузки, спортсмены элитного уровня повышают свой общий объем тренировок постепенно в течение первых 8-12 недель макроцикла. Так во время первой тренировочной недели на тренировки по бегу приходится примерно 40-60% их максимального недельного объема, затем их объем увеличивается примерно на 5-15 км каждую неделю до достижения максимального объема. Во время начальной фазы макроцикла это постепенное повышение объема достигается главным образом за счет увеличения частоты тренировок, после чего дальнейшее повышение объема обеспечивается за счет увеличения продолжительности отдельных тренировок. Чем меньше опыт спортсменов и чем больше продолжительность переходного периода, тем осторожнее необходимо подходить к постепенному увеличению тренировочного объема в раннем и среднем периодах подготовки в пределах макроцикла. Типичный недельный объем беговых тренировок в течение среднего периода подготовки составляет примерно 160-220 км для марафонцев и 130-190 км для легкоатлетов-стайеров. Этот объем распределяется на 11-14 тренировок. В обеих группах максимальный недельный объем может быть на 20-30 км выше, но только в течение коротких периодов (2-3 недель). Эти широкие пределы объясняются применяемой спортсменами интенсивностью бега. Некоторые марафонцы пробегают только 130-150 км/неделю, однако, значительно более высокая доля их тренировочного объема (25-30%) составляет бег в соревновательном или близком к соревновательному темпу. Другие спортсмены преодолевают общую дистанцию 220-240 км/неделю, при этом на бег в соревновательном или близком к соревновательному темпе они затрачивают только 15-20% их тренировочного объема [98]. Тренировочный объем бегунов элитного уровня на длинные дистанции возрастает примерно на 8-10% в последние годы перед и в первые годы после достижения ими 20-летнего возраста, а затем слегка снижается и стабилизируется к 25 годам [92].

В отношении определения зон интенсивности бегунов в научном

сообществе до сих пор ведутся дискуссии. При этом Naugen T. с соав. [92] считают, что данное отсутствие компромисса связано с тем, что ни один из отдельно рассматриваемых параметров интенсивности не удовлетворяет поставленной цели по следующим причинам: сложный характер взаимодействий между интенсивностью и продолжительностью нагрузок и несоответствие между внутренней и внешней рабочей нагрузкой; индивидуальная и межсуточная изменчивость результатов измерений; стрессовые реакции, развивающиеся во время предыдущих физических нагрузок, которые могут вызывать временные нарушения взаимосвязей между анализируемыми параметрами. При этом регулярное определение комбинации показателей внешней нагрузки, внутренней нагрузки и восприятия нагрузки обеспечивает полную картину интенсивности, взаимно дополняя друг друга и способствуя более высокой информативности оцениваемого показателя интенсивности нагрузки. Независимо от выбора параметров для описания и сравнения характеристик интенсивности необходимо применение общей шкалы интенсивности [92] предложили как 3-зоновая, так и 7-зоновая модели интенсивности, основанные на времени/дистанции работы в заданных зонах для оценки распределения интенсивности физических нагрузок во время анализируемых тренировок (таблица 16). Разминка обычно выполняется в зонах интенсивности 1–3, хотя и при более короткой продолжительности, в то время как заминки обычно выполняются в зонах 1–2. Разница между скоростью полумарафона и марафона, измеряемой по абсолютной шкале, очень мала между бегунами на длинные дистанции мирового класса. Так, темп полумарафона соответствует верхней части зоны 3, а темп марафона – нижней части той же самой зоны. Также важно отметить, что физиологические показатели (ОИВН) обычно значительно смещаются («дрейфуют») кверху во время соревнования, отражая все возрастающее несоответствие между внутренней и внешней нагрузками. Например, ЧСС может повышаться на 20 ударов в минуту

Таблица 16 – Модели интенсивности нагрузок у бегунов на длинные дистанции [92]

Шкала 7-зон	Шкала 3-зон	КЛК ммоль/л	ЧСС %макс	МПК %	ОИВН 6-20	Темп	Объем работы (мин/тренировку)	Время (мин/тренировку)	Восст. мин	Типичные тренировочные методы
7	НИТ	-	-	-	-	60-400 м	1-3	<0:20	1-3	Максимальные или прогрессивные (с постепенным увеличением скорости) спринты, спринты на холмах
6	НИТ	>8.0	-	-	18-20	800-1500 м	5-20	0:30-2:00	0:30-3	Тренировки толерантности лактата, повторения (интервалы) бега по холмам
5	НИТ	5.0-8.0	>93	90-99	18-20	1500-5000 м	15-30	0:30-3	0:30-5	МПК-интервалы, соревнования, повторения бега по холмам
4	НИТ	3.5-5.0	88-92	85-89	16-18	10,000 м	20-35	3-6	1-5	МПК-интервалы, повторения бега по холмам, соревнования
3	МИТ	2.0-3.5	83-87	80-84	14-16	полу-марафон	30-60	6-20	1-3	Пороговые забеги/интервалы, фартлек, соревнования
2	ЛИТ	1.0-2.0	73-82	70-79	12-14	-	20-150	-	-	Длительный бег, бег вверх по холмам, прогрессивный бег
1	ЛИТ	<1.0	60-72	55-69	9-12	-	20-150	-	-	Разминка/заминка, легкие длительные пробежки

Примечания

1 КЛК - Уровень лактата.

2 ЧСС – Частота сердечных сокращений.

3 МПК – Максимальное потребление кислорода.

4 ОИВН – Оценка индивидуального восприятия нагрузки.

5 Восст. – Восстановления (активного или пассивного) между повторениями (интервалами).

6 НИТ - ВИТ - Высокоинтенсивные тренировки.

7 МИТ - СРИТ – Среднеинтенсивные тренировки.

8 ЛИТ - НИТ – Низкоинтенсивные тренировки.

и пересекать зону 4 или 5 во время последней половины марафонского забега. Поэтому данные показатели служат ориентирами при разработке тренировочных планов. И наконец, индивидуальные показатели темпа бега эволюционируют в течение тренировочного года. Например, темп марафона может быть на 10-20 с медленнее в расчете на километр дистанции в начале подготовительного периода при сохранении сходных показателей физиологического стресса во время бега в более медленном темпе. Kenneally M. с соав. [105] недавно был разработан новый метод определения зон интенсивности для бегунов на средние и длинные дистанции на основе относительных показателей интенсивности нагрузки, демонстрируемой спортсменами во время соревновательных забегов (процент темпа забега).

Данная шкала подразделения на зоны интенсивности является несовершенной. Однако потенциальная вероятность ошибок при их применении перевешивается возможностью обеспечения более эффективной коммуникации между тренером и спортсменом, которая облегчается использованием хорошо знакомых общепринятых шкал оценки интенсивности.

Распределение интенсивности тренировок (РИТ) бегунов на длинные дистанции основано на применении следующих трех моделей: пирамидальная модель, которую характеризует большой объем НИТ в сочетании с малым объемом среднеинтенсивных тренировок (СрИТ) и еще меньшим объемом ВИТ; поляризованная модель, в которой такой же большой объем НИТ комбинируется с меньшим объемом СрИТ и большим объемом ВИТ; и пороговая модель, в рамках которой выполняется сравнительно более высокая доля тренировок в диапазоне пороговой интенсивности, обозначаемой предельными показателями первого ($ЛП_1/ВП_1$) и второго ($ЛП_2/ВП_2$) лактатного/вентиляционного порога. В настоящее время результаты научных исследований в этой области не дают четкого ответа на вопрос, какая из моделей РИТ является наиболее эффективной. Это объясняется различием применяемых методов количественного анализа

[106]. Например, поляризованное РИТ при количественном определении интенсивности тренировок на основе скорости бега включает объем тренировок в зона 1: $79,9\% \pm 7,3\%$, в зона 2: $5,3\% \pm 4,9\%$, в зона 3: $14,7\% \pm 7,3\%$, а пирамидальное РИТ при количественном определении интенсивности тренировок на основе ЧСС (зона 1: $79,6\% \pm 7,2\%$, Зона 2: $17,0\% \pm 6,3\%$, зона 3: $3,4\% \pm 2,0\%$).

На практике спортсмены несколько корректируют распределение интенсивности на протяжении мезо- и микроциклов. Следует также отметить, что как СрИТ, так и ВИТ вызывают значительные психологические и физиологические изменения состояния спортсменов, что вызывает необходимость более длительного восстановления между тренировочными блоками или отдельными тренировками по сравнению с низкоинтенсивными тренировками. При этом тренировки с умеренной интенсивностью являются более метаболически ориентированными, потому высококвалифицированные спортсмены, специализирующиеся на длинных дистанциях, могут использовать во время бега очень высокий процент скорости при МПК при выполнении СрИТ [87]. Наиболее устойчивая тенденция в распределении интенсивности тренировок бегунов на длинные дистанции элитного уровня заключается в том, что в течение тренировочного года большая часть преодолеваемой ими во время бега дистанции (более 80%) приходится на низкоинтенсивные тренировки, соответствующие зонам 1 и 2 (7-зоновой модели) (таблица 16). В свою очередь, большинство этих низкоинтенсивных тренировок выполняется в зоне 1, и продолжительность легких пробежек сохраняет высокую стабильность на протяжении тренировочного года. Поскольку бег в зоне 2 ближе по своей интенсивности к темпу марафона, марафонцы применяют большой объем бега в этой зоне интенсивности, особенно в течение периода специальной подготовки. Тренировки в зоне 3 составляют 5-15% общего объема беговых тренировок бегунов на длинные дистанции элитного уровня. Однако этот показатель может варьировать между мезо- и микроциклами. Среди марафонцев

наблюдается тенденция к выполнению большего объема тренировок в зоне 3, при приближении главного соревнования сезона. У легкоатлетов-стайеров присутствует противоположная организация интенсивности тренировок, так как они выполняют наибольшее количество тренировок в зоне 3 с начала до середины подготовительного периода и снижают их интенсивность с приближением соревновательного сезона. У бегунов на длинные дистанции мирового класса из Кении на темповый бег (непрерывный бег в зонах 2–3) приходится примерно 20% общего годового объема тренировок по бегу. Интервальные тренировки в зонах 4–5 также составляют 5–15% общего объема тренировок по бегу, но их процентная доля обратно пропорциональна проценту тренировок в зоне 3. При этом марафонцы выполняют большинство интервальных тренировок в зонах 4-5 с начала до середины подготовительного периода и потом заменяют эти тренировки на более продолжительную работу в зоне 3 и близкой к верхнему пределу части зоны 2 по мере приближения главного соревнования. Напротив, легкоатлеты-стайеры с приближением соревновательного сезона увеличивают долю тренировок в зонах 4-5 за счет тренировок в зоне 3. В течение предсоревновательного и соревновательного периодов большинство бегунов мирового уровня, специализирующихся на дистанции 5000 м, выполняют 1-2 интервальные тренировки в неделю в зоне 6 или в комбинации с тренировками в зоне 5. С мая по август эти бегуны могут пробегать 10-20 км в неделю с интенсивностью, соответствующей зонам 5-6, в то время как марафонцы избегают тренироваться при высвобождении таких высоких количеств энергии, вырабатываемой с применением лактатной/гликолитической системы энергообеспечения. Бегуны на длинные дистанции регулярно выполняют спринтерские тренировки (в зоне 7) в течение годового цикла подготовки, хотя на их количество не превышает 1% их общего объема тренировок по бегу. Спринтерские тренировки направлены скорее на решение дополнительных задач их отдельных тренировок и обычно проводятся во время последней части разминки или после

длительных легких пробежек. Предполагается, что спринтерские тренировки должны выполняться при отсутствии развития утомления (индикатором которого часто является повышение уровня лактата в крови). Дистанции рабочих интервалов обычно находятся в пределах от 60 до 120 м с достаточной продолжительностью перерывов на восстановление между ними. Спринтерские тренировки выполняются в основном в целях минимизации негативного воздействия аэробной подготовки на максимальную скорость спринта. Бегуны увеличивают свой объем тренировок по бегу в соревновательном темпе по мере приближения главного соревнования сезона (таблицы 17, 18).

В большом спорте термин «подводка» обозначает четко выраженное сокращение общей тренировочной нагрузки перед важными соревнованиями. Подводка представляет собой кратковременный период балансировки или выравнивания нагрузки для снижения эффекта накопившегося у спортсменов утомления при сохранении высокого уровня подготовленности. Стратегии подводки и результаты ее применения в значительной степени зависят от предшествующей тренировочной нагрузки, поэтому затруднительно рассматривать подводку отдельно от общего процесса периодизации и планирования тренировок. Кроме того, было продемонстрировано, что выдающиеся результаты в течение 3-месячного соревновательного периода могут быть достигнуты без применения подводки к соревнованию, а просто путем значительного сокращения количества тренировок в течение последних 4-5 дней перед каждым соревнованием. Общие научные рекомендации по эффективному применению подводки к соревнованию в требующих выносливости дисциплинах циклических видов спорта предусматривают период продолжительностью 2-3 недели, во время которого осуществляется постепенное нелинейное снижение тренировочного объема на 40–60% при сохранении интенсивности и частоты проведения тренировок.

Таблица 17 – Программа тренировок марафонца [92]

День	Элиуд Кипчоге (золотой медалист Олимпийских игр 2016 г. в Рио-да-Жанейро и 2021 г. в Токио)	
	Период общей подготовки	Период специальной подготовки
Пн	У: 16–21 км, средний темп 3:50–4:00 мин/км (зона 1) В: 8–12 км, средний темп 4:30–5:00 мин/км (зона 1)	У: 21 км, средний темп 3:20 мин/км (зона 2) В: 10 км, средний темп 4:00 мин/км (зона 1)
Вт	У: 10–15 мин разминка (~ 3 км) (зона 1). 12–15 км интервальная тренировка на грунтовой дорожке (напр., 15 × 1000 м при 2:50–2:55 мин/км (зона 4) с 90 с отдыха В: 8–10 км, средний темп 4:30–5:00 мин/км (зона 1)	У: 3 км разминка в темпе 5:00 мин/км (зона 1), 1200 м за 3:25 мин (зона 3), 5 × 1 км за 2:55 мин (зона 3) с 90 с отдыха, 3 × 300 м за 42–40 с (зона 5) с 60 с отдыха, 2 × 200 м за 27 с (зона 5) с 60 с отдыха. 3 км заминка в темпе 5:00 мин/км (зона 1) В: Отдых
Ср	У: 16–21 км, средний темп 3:50–4:00 мин/км (зона 1) В: 8–12 км, 4:30–5:00 мин/км (зона 1)	У: 18 км, средний темп 3:55–4:00 мин/км (зона 1) В: 11 км, средний темп 4:00 мин/км (зона 1)
Чт	У: 30 или 40 км длительный бег, средний темп 3:00–3:25 мин/км (зоны 2–3), в зависимости от местности В: 8–12 км, средний темп 4:30–5:00 мин/км (зона 1)	М: 40 км темповый бег (жесткая и мягкая поверхность), средний темп ~ 3:40 мин/км (зона 1) В: Отдых
Пт	У: 16–21 км, средний темп 3:50–4:00 мин/км (зона 1) В: 8–12 км, 4:30–5:00 мин/км (зона 1)	У: 18 км, средний темп 3:50–3:55 мин/км (зона 1) В: 10 км, средний темп ~ 3:55 мин/км (зона 1)
Сб	У: 50–65 мин фартлек (зоны 1–3), либо с длинными интервалами (напр., 4 × 10 мин с 2 мин отдыха), либо с короткими интервалами (напр., 25 × 1 мин с 1 мин отдыха) В: 8–12 км, 4:30–5:00 мин/км (зона 1)	У: 85 мин фартлек, включая 10 мин разминку в темпе 5:00 мин/км (зона 1), 30 × 1 мин в темпе 2:45 мин/км (зона 4) с 1 мин легкого бега трусцой (зона 1) между повторениями, 15 мин заминка (зона 1) В: Отдых
Вс	У: 18–22 км, средний темп 3:50–4:00 мин/км (зона 1) В: Отдых	У: 20 км, средний темп ~ 3:50 мин/км (зона 1) В: Отдых
Итого	Общий недельный объем: 200–220 км (82–84% НИТ, 9–10% СрИТ, 7–8% ВИТ)	Общий недельный объем: ~ 185 км (~ 91% НИТ, ~ 3% СрИТ, ~ 6% ВИТ)

Примечания

1 Тренировки выполнялись на холмистой местности на неровной поверхности на высоте 2000–2500 м над уровнем моря.

2 У – Утренняя тренировка.

3 В – Вечерняя тренировка.

Таблица 18 – Программа тренировок легкоатлета-стайера [92]

День	Томас Лонгосива (бронзовый медалист в беге на дистанции 5000 м на Олимпийских играх 2012 г. в Лондоне)	
	Период общей подготовки	Соревновательный период
Пн	У: 15 км, средний темп 4:00 мин/км (зона 1) В: 11 км, средний темп 4:30 мин/км (зона 1). 10 × 80 м спринт вверх по холму (зона 6)	У: 20 км, средний темп 3:45–3:50 мин/км (зона 1) В: 4 км разминка в темпе 5:00 мин/км (зона 1). 8 × 300 м вверх по крутому склону (зона 5)
Вт	У: 21 км, средний темп 3:30 мин/км (зоны 1–2) В: 11 км, средний темп 4:30 мин/км (зона 1)	У: 4 км разминка в темпе 5:00 мин/км (зона 1). 19 км фартлек при 7 км со средним темпом 2:52 мин/км (зона 3), 6 км со средним темпом 3:24 мин/км (зона 2) и 6 км со средним темпом 3:50 мин/км (зона 1) В: 10 км, средний темп 5:00 мин/км (зона 1)
Ср	У: 4 км разминка в темпе 5:00 мин/км (зона 1). 5 × 1000 м за 2:52 мин (зона 4), 6 × 600 м за 1:38 мин (зона 5), 7 × 300 м за 46 с (зона 5), 3000 м за 9:00 мин (зона 3) В: 8 км, средний темп 5:00 мин/км (зона 1)	У: 18 км, средний темп 4:10 мин/км (зона 1) В: 10 км, средний темп 4:40 мин/км (зона 1)
Чт	У: 17 км, средний темп 4:05–4:10 мин/км (зона 1) В: 11 км, средний темп 4:30 мин/км (зона 1)	У: 4 км разминка в темпе 5:00 мин/км (зона 1). 5 × 2000 м с чередованием скорости каждые 400 м, при этом в сумме 6 км были выполнены со средним темпом 2:35–2:45 мин/км (зона 5). Остальные 4 км были выполнены со средним темпом 3:05–3:10 мин/км (зона 3) В: 10 км, средний темп 5:00 мин/км (зона 1)
Пт	У: 15 км, средний темп 4:00 мин/км (зона 1) В: 15 км, средний темп 4:00 мин/км (зона 1)	У: 18 км, средний темп 3:40–3:45 мин/км (зона 1) В: 10 км, средний темп 4:40 мин/км (зона 1)
Сб	У: 4 км разминка, средний темп 5:00 мин/км (зона 1). 12 км, средний темп 3:06 мин/км (зона 3) В: 11 км, средний темп 4:30 мин/км (зона 1)	У: 4 км разминка в темпе 5:00 мин/км (зона 1). 3 × (5 × 600 м) за 1:33–1:34 мин (зона 5) В: 12 км, средний темп 4:10 мин/км (зона 1)
Вс	У: 24 км, средний темп 3:50 мин/км (зона 1) В: Отдых	У: Отдых В: Отдых
Итого	Общий недельный объем: 193 км (86% НИТ, 8% СрИТ, 6% ВИТ)	Общий недельный объем: 163 км (85% НИТ, 7% СрИТ, 8% ВИТ)

Примечания

1 Тренировки выполнялись на холмистой местности на неровной поверхности на высоте 2000–2500 м над уровнем моря.

2 У – Утренняя тренировка.

3 В – Вечерняя тренировка.

Однако на практике большинство бегунов на длинные дистанции не используют существенное сокращение тренировочного объема вплоть до последних 7-10 дней перед соревнованием. В таблице 19 показано распределение тренировочного объема по зонам интенсивности у 10 марафонцев мирового уровня при обратном отсчете времени перед одним из главных соревнований [92].

Таблица 19 – Распределение объема тренировок по зонам интенсивности у марафонцев мирового класса перед главным соревнованием [92]

	Неделя 5 (км)	Неделя 4 (км)	Неделя 3 (км)	Неделя 2 (км)	Неделя 1 (км)
Общий объем	191 ± 29	184 ± 24	188 ± 17	170 ± 30	116 ± 27
Зона 1	150 ± 29	138 ± 22	150 ± 22	134 ± 30	98 ± 22
Зона 2	18 ± 15	27 ± 15	11 ± 13	13 ± 13	5 ± 5
Зона 3	17 ± 8	12 ± 9	21 ± 11	16 ± 15	10 ± 12
Зона 4	3 ± 7	7 ± 7	5 ± 6	5 ± 4	2 ± 2
Зона 5	2 ± 4	1 ± 2	0 ± 1	2 ± 4	2 ± 2

Примечания

1 Все данные представлены в км (среднее ± CO)

2 Графа с указанием главного соревнования не была включена в таблицу. На тренировки в зонах 6-7 приходилось в среднем менее 0,5 км в течение указанных недель.

Последнее соревнование перед главным соревнованием сезона марафонцев и легкоатлетов-стайеров проводится за 10±5 и 4±2 недель, соответственно. Спортсмены обычно прибывают к месту проведения чемпионата за 7-10 дней до соревнования. Последняя интенсивная тренировка (например, 10 × 200 м в соревновательном темпе с различными вариантами перерыва на восстановление) обычно выполняется за 3-5 дней до главного соревнования. Необходимо отметить, что многие спортсмены дополнительно используют более продолжительные периоды пребывания в условиях высоты в целях улучшения своей аэробной выносливости и тем самым работоспособности на уровне моря, главным образом, благодаря повышению массы эритроцитов [107]. Потенциальное влияние высотных тренировок определяется дозой гипоксического воздействия, которая зависит

от продолжительности пребывания в условиях высоты. Большинство африканских бегунов мирового класса применяют модель «живи высоко – тренируйся высоко», при этом они проживают и выполняют НИТ, СрИТ и ВИТ на сравнительно большой высоте (2000–2500 м над уровнем моря). Спортсмены, проживающие на равнинах, обычно проводят относительно продолжительные тренировки в расположенных в условиях высоты лагерях в течение подготовительного периода и за 2-4 недели перед проведением важнейшего соревнования, уделяя главное внимание НИТ и СрИТ. Однако вопрос об оптимальном времени возвращения из высотного лагеря перед проводимым в равнинных условиях соревнованием остается спорным. Во всех случаях успешное использование высотных тренировок лучшими бегунами на длинные дистанции характеризуется применением индивидуализированных, хорошо сбалансированных тренировочных нагрузок и оптимизированных стратегий восстановления при адекватной организации сна, отдыха и питания [108]. При этом возникает вопрос, действительно ли высотные тренировки оказывают положительное влияние на выносливость и работоспособность спортсменов на уровне моря, которое превышает эффект от применения аналогичных тренировок в равнинных условиях [92], [109].

Тренировочный режим рекордсменов мира и олимпийских игр в беге на средние и длинные дистанции не сильно отличается от традиционных режимов тренировок, применяемых бегунами мирового класса [104]. При этом он имеет одну специфическую особенность, которая определяет его уникальный и инновационный характер – постоянный мониторинг физиологического показателя концентрации лактата в крови (КЛК) во время высокоинтенсивных тренировок для контроля и регулирования интенсивности нагрузки [110].

К основным физиологическим показателям работоспособности, которые определяют результативность в беге на средние и длинные дистанции, относятся: максимальное потребление кислорода (МПК);

экономичность бега (ЭБ) (потребление кислорода (ПК) в устойчивом (стабильном) состоянии при заданной субмаксимальной скорости или ПК на единицу дистанции); способность поддерживать высокие показатели МПК во время соревнования (% МПК); лактатный порог (ЛП) (скорость бега, при которой происходит нелинейное увеличение уровня лактата в крови, максимальное устойчивое состояние лактата (МУСЛ), либо скорость, соответствующая концентрации лактата в крови, равной 4 ммоль/л); скорость при ЛП ($v_{\text{ЛП}}$)/МУСЛ; минимальная скорость, необходимая для достижения МПК ($v_{\text{МПК}}$). При этом повышения результативности в беге на средние и длинные дистанции связано повышением одного или нескольких этих показателей в ответ на тренировочный стимул [87]. Последний представляет собой совокупность тренировочного объема (км в неделю), частоты проведения тренировок и работоспособности бегунов на средние и длинные дистанции. Разработка идеального научно обоснованного соотношения этих трех показателей является предметом исследований как ученых, так и тренеров [111], [112].

В настоящее время большинство спортсменов применяют тренировочные режимы, включающие от двух до пяти интервальных тренировок в неделю и/или более продолжительных тренировок по темповому бегу в сочетании с высокообъемными непрерывными беговыми упражнениями легкой и средней интенсивности нагрузки. При этом успешные бегуны на средние и длинные дистанции обычно преодолевают 120-250 км в неделю за 11-18 тренировок, соответственно [98]. Тренировочная нагрузка, которая определяется интенсивностью и объемом тренировок, имеет внешнюю и внутреннюю характеристику. Внешняя нагрузка – фактическая дистанция и скорость бега, является важным ориентиром для понимания эволюции работоспособности и результативности во время тренировочного процесса. А внутренняя нагрузка - изменения в организме (например, ЧССи КЛК) в ответ на внешнюю, наиболее точно отражает усилия, прилагаемые спортсменами при работе.

Таким образом, измерение показателей внутренней тренировочной нагрузки (например, КЛК) для контроля абсолютной интенсивности и достижения оптимального тренировочного стимула является перспективным способом проведения тренировок, который соответствует современным научным представлениям [45], [112]. В настоящее время широко применяется анализ на основе определения двух контрольных точек на графике КЛК во время теста с постепенным увеличением физической нагрузки в лабораторных условиях. Первая точка соответствует первому лактатному порогу ($ЛП_1$), который получил название аэробного порога и обозначает верхний предел аэробного метаболизма. Интенсивность физических нагрузок ниже этого порога может поддерживаться часами. Вторая точка или второй лактатный порог ($ЛП_2$), который также ассоциируется с максимальным устойчивым состоянием лактата (МУСЛ), при котором присутствует равновесие между производством и утилизацией лактата во время непрерывной динамической работы. В качестве альтернативного метода определения максимального метаболического устойчивого состояния применяется показатель критической мощности (КМ), которая соответствует интенсивности, немного превышающей МУСЛ, и основана на гиперболической зависимости между скоростью и выходной мощностью и продолжительностью времени, в течение которого может поддерживаться данная скорость или выходная мощность [113]. С учетом данных концепций в видах спорта на выносливость спортсмены чаще всего выполняют работу в трех зонах интенсивности нагрузки (таблица 20). В зоне 1 скорость бега не вызывает превышение первого вентиляционного порога (уровень лактата 2 ммоль/л). В зоне 2 скорость бега инициирует изменения в рамках между первым и вторым вентиляционными порогами (уровни лактата от 2 ммоль/л ($vЛП_1$) до 4,5 ммоль/л ($vЛП_2$)). В зоне 3 скорость бега не вызывает реакции выше $ЛП_2$. Однако данная классификация не позволяет точно определить границу между низко- и высокоинтенсивными тренировками в зоне 2, а также между разными уровнями интенсивности в зоне 3, используемые в ходе тренировок

по развитию устойчивости (толерантности) к уровню лактата или во время спринтерских тренировок, при интенсивности превышающей нагрузки при МПК. При этом Casado, A. с соав. [112] предлагают использовать 6-зонную модель интенсивности нагрузок (таблица 20).

С учетом каждой из зон применяются разные модели распределения интенсивности тренировок (РИТ): пирамидальная модель характеризуется постепенным сокращением тренировочного объема от зоны 1 к зоне 2 и зоне 3, соответственно (70–80% объема приходится на зону 1, остальные 20–30% на зоны 2 и 3); поляризованная модель предусматривает выполнение примерно 80% тренировочного объема в зоне 1, при этом большая часть оставшихся 20% объема приходится на работу в зоне 3, и как можно меньше тренировок проводится в зоне 2; пороговая модель отличается наибольшей долей общего тренировочного объема, которая приходится на тренировки в зоне 2 (т.е., >35%), по сравнению с другими моделями. Согласно результатам опубликованных в последнее время исследований как поляризованная, так и пирамидальная модели обладают примерно равной эффективностью для повышения работоспособности и результативности соревновательной деятельности бегунов на средние и длинные дистанции по сравнению с другими моделями [111], [114], [115]. При этом пирамидальная модель чаще применяется высококвалифицированными и элитными бегунами на средние и длинные дистанции [112].

В пирамидальной и поляризованной моделях преимущественно используются высокообъемные низкоинтенсивные тренировки. Улучшение работоспособности в ходе применения высоких объемов (70–80% общего объема тренировок) непрерывных тренировок низкой или средней интенсивности происходит за счет поддержания повышенного сердечного выброса (минутного объема) в течение длительно периода (увеличивая тем самым транспорт кислорода к работающим скелетным мышцам), а также благодаря повышенной способности к окислительному метаболизму в результате более эффективного митохондриального биогенеза и

Таблица 20 – Модели интенсивности тренировочной нагрузки у бегунов на средние и длинные дистанции [112]

Модель		КЛК: концентрация лактата в крови	ЧСС: частота сердечных сокращений	МПК: максимальное потребление кислорода	(RPE): оценка индивидуального восприятия нагрузки по исходной шкале Борга	Тренировочные методы
6-зон	3-зоны	ммоль/л	%макс	%	6-20	
Тренировки с короткими спринтами (6)	3	-	-	-	-	Спринт
Сверх высокоинтенсивные тренировки (5)	3	8-18	>97	94-140	18-20	Толерантность лактата (т.е., в темпе 800 м и 1500 м)
Высокоинтенсивные тренировки (4)	3	4.5-8	92-97	88-94	16-18	Интенсивные аэробные интервальные (т.е., в темпе 5 000 м) 1500 м)
Среднеинтенсивные тренировки (3)	2	3.5-4.5	87-92	84-88	14-16	Пороговые тренировки: интервальный бег (т.е., в темпе 10 000 м)
Среднеинтенсивные тренировки (2)	2	2-3.5	82-87	80-84	12-14	Пороговые тренировки: непрерывный/интервальный бег (в темпе марафона)
Низкоинтенсивные тренировки (1)	1	0.7-2	62-82	55-80	9-12	Непрерывный бег легкой и средней интенсивности

Примечания

1 КЛК - Уровень лактата.

2 ЧСС – Частота сердечных сокращений.

3 МПК – Максимальное потребление кислорода.

4 (RPE) - ОИВН – Оценка индивидуального восприятия нагрузки.

капилляризации медленных волокон (I типа) в скелетных мышцах.

При этом важно отметить, что повышенная капилляризация волокон I типа в скелетных мышцах также способствует улучшению транспорта кислорода к волокнам скелетных мышц II типа. Существуют два главных сигнальных пути пролиферации митохондрий. В основе одного из них лежит кальциевая сигнализация, которая, в большей степени связана с проведением высокообъемных тренировок, тогда как второй путь основан на сигнализации 5'аденозинмонофосфат-активируемой (АМФ-активируемой) протеинкиназы (АМР) и, в основном используется во время высокоинтенсивных тренировок по мере сокращения уровня АТФ и увеличения уровня АМФ [99], [100].

Оптимальная комбинация низко- и высокоинтенсивных тренировок обычно достигается путем применения схемы «тяжелый день - легкий день», которая позволяет избежать монотонности во время тренировочного процесса и обеспечивает достаточный период восстановления. Данная специальная схема проведения тренировок широко применяется высококвалифицированными и элитными бегунами на средние и длинные дистанции [93] [105], [116], [117]. Однако продолжается дискуссия об оптимальном балансе между разными типами тренировок, который обеспечивает необходимые адаптивные реакции митохондрий. Учитывая большой объем низкоинтенсивных тренировок, выполненный спортсменами высокого уровня, дальнейшее развитие реакций адаптации обеспечивается в основном только за счет оптимизации адаптивных реакций в мышечных волокнах II типа.

Среди специалистов широким признанием пользуется тот факт, что лактатный метаболизм служит скорее позитивным показателем, чем вероятной причиной мышечного утомления, и существует высокая корреляция между накоплением лактата и уровнем работоспособности спортсменов, специализирующихся в дисциплинах на выносливость. Зависимость между интенсивностью/скоростью бега и КЛК широко применяется для прогнозирования и определения работоспособности бегунов

на средние и длинные дистанции. Высокая корреляция между скоростью при $v_{ЛП_2}/v_{МУСЛ}$ и результативностью бега на длинные дистанции подтверждается во многих научных исследованиях [112]. При этом показатель $v_{ЛП_2}/v_{МУСЛ}$ представляет собой скорость бега, которую хорошо тренированные бегуны на средние и длинные дистанции могут сохранять приблизительно в течение часа (темп полумарафона для бегунов элитного уровня). Поскольку $v_{ЛП_2}$ во время непрерывного бега близка к темпу полумарафона, тренировки по непрерывному темповому бегу на дистанциях от 8 до 20 км классифицируются как пороговые тренировки в 2 и 3 зонах интенсивности. Например, у элитных кенийских бегунов на средние и длинные дистанции на темповый бег приходится более высокая доля их общего тренировочного объема по сравнению с другими лучшими бегунами, соревнующимися в тех же дисциплинах [118]. Комбинация высокого объема тренировок в зоне 1 с умеренными объемами в зонах 2 и 3 представляет собой очень распространенную схему проведения тренировок среди современных бегунов на средние и длинные дистанции, дающую высокие результаты и позволяющая улучшить экономичность бега (ЭБ), улучшение показателей $v_{МПК}$ и $v_{ЛП_2}$.

На данный момент очень мало современных бегунов элитного уровня применяют общий тренировочный объем менее 100 км/неделю, у большинства из них он превышает 160 км/неделю. При этом большой объем тренировок в зонах 2 и 3 проводится при высокой интенсивности (при $v_{ЛП_2}$) [92], [97], [105], [116], [117].

После дополнительного включения одной еженедельной 20-минутной тренировки непрерывного бега со скоростью на уровне КЛК 4 ммоль/л (v_{OBLA}) в обычный план подготовки бегунов, у спортсменов наблюдается увеличение v_{OBLA} , а также снижение КЛК при той же скорости бега (рисунок 7). Кроме того бегуны, у которых КЛК сохранялось на уровне 4 ммоль/л в течение 20-минутного бега, повышалась результативность по сравнению с бегунами, которые допускали колебания КЛК.

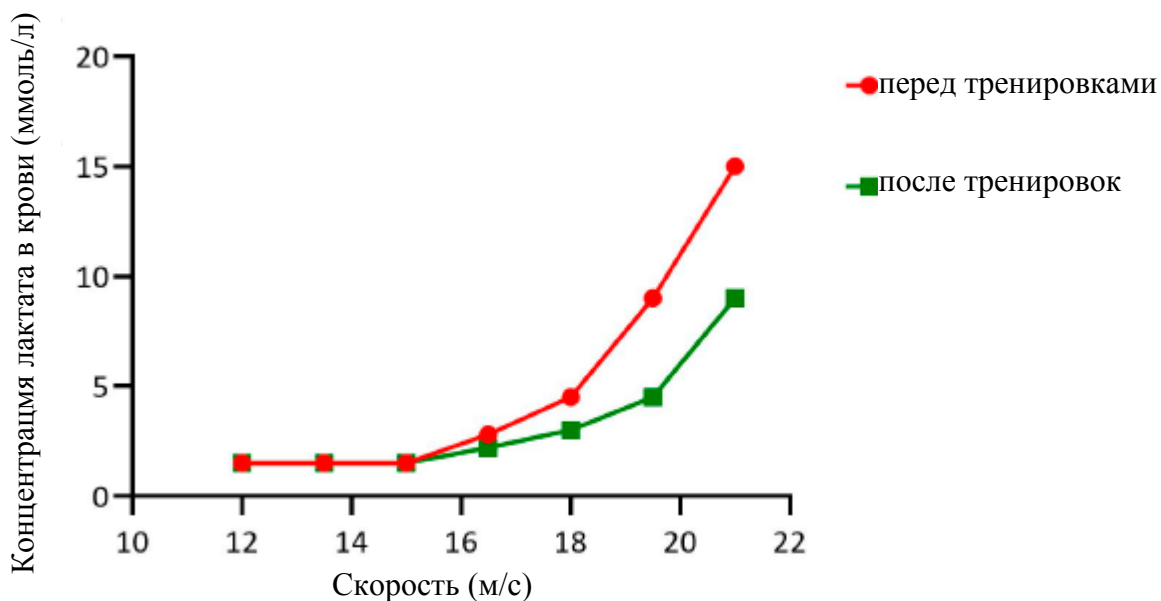


Рисунок 7 – Изменения концентрации лактата в крови после проведения определенного количества тренировок при скорости на уровне второго лактатного порога в течение экспериментального тренировочного периода у бегуна на средние и длинные дистанции [112]

Существует порог в развитии мышечного утомления в зависимости от того выполняется ли упражнение с интенсивностью на уровне, ниже или выше ЛП₂. Следовательно, бегуны на средние и длинные дистанции могут использовать небольшой объем интервальных тренировок в зоне 3, но при более высоких абсолютных скоростях, чем $v_{\text{ЛП}_2}$, благодаря меньшему утомлению, чем в зоне 4. При этом должны применяться более короткие рабочие интервалы, препятствующие увеличению КЛК и обеспечивающие быстрое восстановление бегунов после высокоинтенсивных тренировок. Имеются также сведения, что применение интенсивности в пределах зон 4–5 также обеспечивает повышение работоспособности бегунов на средние и длинные дистанции [104], [118].

Для улучшения основных факторов определяющих МПК, таких как объем плазмы, масса левого желудочка сердца, максимальный ударный

объем и максимальный минутный объем (сердечный выброс), плотность капилляров скелетных мышц, максимальную активность цитратсинтазы и окислительную способность митохондрий в мышечных волокнах типа II рекомендуется проведение спринтерских интервальных тренировок (с короткими 30-секундными рабочими интервалами) [119]. Поэтому для обеспечения оптимального повышения работоспособности и результативности соревновательной деятельности бегунов на средние и длинные дистанции необходимо так же использовать адекватные объемы высокоинтенсивных тренировок в зонах 4–6, не приводящие к негативным последствиям [112].

Casado A. с соав. [112] указывают, что преимущества, связанные с улучшением физиологических характеристик в результате проведение лактат-ориентированных пороговых интервальных тренировок (ЛОПИТ) с применением высокообъемных низкоинтенсивных тренировок, были подтверждены на практике современными норвежскими бегунами на средние и длинные дистанции, специализирующимися на беге на дистанции от 1500 м до 10 000 м. Данная тренировочная модель предусматривает проведение высокого объема тренировок в легком темпе, умеренного объема интервальных тренировок пороговой интенсивности – с регулированием их темпа на основе определения уровня лактата во время тренировки, и низкого объема интервальных тренировок – в зоне 5. При этом тренировочный объем составляет 180 км в неделю, выполняя 4 интервальных тренировки (две двойные тренировки по схеме «тяжелый день-легкий день») с пороговой интенсивностью (при КЛК от 2 до 4,5 ммоль/л в зависимости от цели проведения тренировки) и одну тренировку с интенсивностью в зоне 5 [120]. Такая схема позволяет выполнить гораздо больший объем тренировок по сравнению интервальными тренировками в зоне 4. Учитывая, что более высокий общий объем тренировок способствует большему развитию реакций адаптации, данная схема является эффективной для повышения работоспособности бегунов в дисциплинах на выносливость [112].

Интервальные тренировки, выполняемые при уровнях лактата, соответствующих 2 и 3 зонам интенсивности, также классифицируются как пороговые тренировки, даже хотя абсолютная скорость их рабочих интервалов может превышать темп полумарафона. Например, бегуны на средние и длинные дистанции международного уровня проводят интервальные тренировки по схеме 20–25×400 м с продолжительностью рабочего интервала 64 с и перерыва на восстановление между рабочими интервалами в среднем 30 с (13 мин 20 с – темп дистанции 5000 м и 26 мин 40 с - темп дистанции 10000 м); и по схеме 20 × 400 м с продолжительностью рабочего интервала 62 с и перерыва на восстановление между рабочими интервалами в среднем 60 с (12 мин 55с – темп забега на 5000 м – гораздо быстрее темпа полумарафона), при этом их уровень лактата остается ниже 4 ммоль/л. Сравнительно низкий уровень лактата обусловлен продолжительностью времени бега и длины дистанции, которые являются слишком короткими для увеличения лактата выше ЛП₂, а период отдыха между рабочими интервалами имеет достаточную продолжительность, чтобы показатель КЛК вернулся к значениям ЛП₁, но не опустился ниже первого лактатного порога [112].

Casado, A. с соав. [112] указывают, что победители международных соревнований по бегу на длинные и средние дистанции из Норвегии братья Ингебригтсен, один из которых, Якоб Ингебригтсен, является рекордсменом Олимпийских игр в Токио, выполняли ЛОПИТ на дистанциях от 2000 м до 3000 м в близком к полумарафону темпе, а также на дистанциях от 400 м до 1000 м в темпах забегов от 5000 м до 10 000 м. Объем этих ЛОПИТ колебался от 8 до 12 км, и время перерыва на восстановление варьировало в пределах от 20 с до 1,5 мин. Они часто проводили по две ЛОПИТ в день, при этом их пятая еженедельная специальная тренировка выполнялась с более высокой интенсивностью в зонах 4 или 5 (20 × 200 м бега в гору с 70-секундным бегом трусцой назад). Интенсивность их тренировок строго контролировалась путем измерения ЧСС и КЛК во время всех интервальных

тренировок. И хотя экстенсивное применение ЛОПИТ (до 4 тренировок в неделю) является новшеством в тренировках бегунов на средние и длинные дистанции элитного уровня, в ряде исследований имеются сведения о комбинированном применении тренировок на уровне ЛП₂ и в зонах 4 и 5 в течение тренировочной недели. Например, бегуны могут выполнять две (или более) различных интервальных тренировок в неделю с интенсивностью на уровне ЛП₂ и МПК, соответственно. С одной стороны, увеличение количества (двух-трех дополнительно) высокоинтенсивных тренировок, проводимых высококвалифицированными и элитными бегунами, позволяет инициировать развития физиологических адаптации, поскольку повышенная тренировочная нагрузка обеспечивает значительное улучшение работоспособности. С другой стороны, существует риск получения травм или развития синдрома перетренированности. Кроме того, характеристики ЛОПИТ отличаются от описываемых в современной литературе тренировок бегунов на средние и длинные дистанции, принимая во внимание тот факт, что традиционные тренировки с интенсивностью на уровне ЛП₂ включают непрерывный бег с гораздо меньшими величинами абсолютной скорости. В качестве компонентов данной тренировочной модели предлагается также проведение одной спринтерской тренировки и нескольких силовых тренировок. При этом модель ЛОПИТ предусматривает выполнение высокого объема тренировок (157–185 км/неделю). Необходимо отметить, что во время соревновательного периода еженедельная интервальная тренировка по бегу в гору с интенсивностью в зоне 5 должна быть отчасти заменена на бег по беговой дорожке стадиона в соревновательном темпе при высокой КЛК (5-10 ммоль/л), и две ЛОПИТ следует исключить из недельного плана. Таким образом, во время соревновательного периода усилия спортсменов и тренеров должны быть направлены на применение минимального объема пороговых тренировок с целью сохранения ранее сформированной аэробной базы, обеспечивающей выполнение высоких объемов работы в соревновательном темпе с интенсивностью выше зоны 3.

Это соответствует представленным в современной литературе рекомендациям по оптимальной периодизации тренировок высококвалифицированных и элитных бегунов на средние и длинные дистанции и отражает тенденцию перехода от пирамидального распределения интенсивности тренировок (РИТ) в течение подготовительного периода к поляризованному РИТ во время соревновательного периода. В таблице 21 приведен пример применения данной модели в течение одной тренировочной недели. Тренировочные характеристики и распределение интенсивности нагрузки представлены в таблице 22 [112].

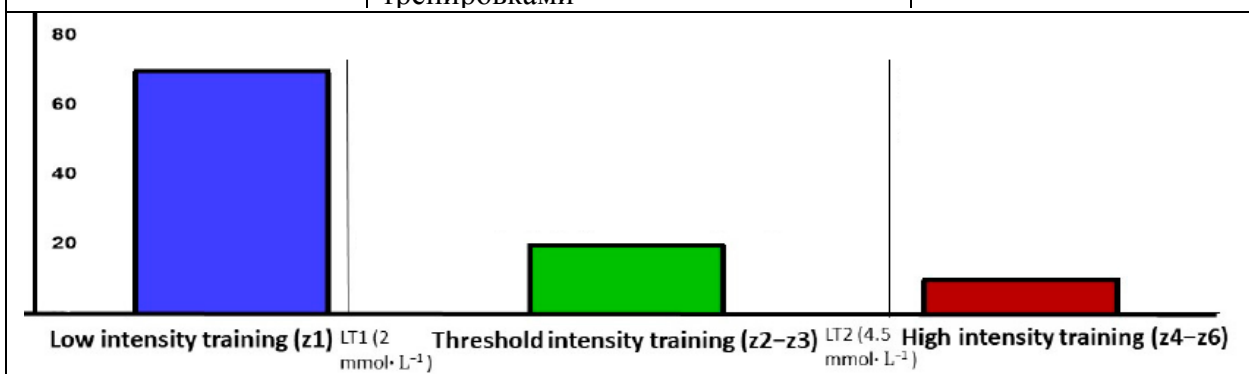
Таблица 21 – Недельный тренировочный цикл бегунов на длинные дистанции [112]

	Утро	Вечер
Понедельник	15 км (зона 1)	12 км (зона 1). Спринты (зона 5) и техника.
Вторник	5 км (зона 1). 5 × 6 мин при 2,5 ммоль/л с восстановлением 1 мин между рабочими интервалами (зона 2). 2 км (зона 1).	5 км (зона 1). 10 × 1000 м при 3,5 ммоль/л с восстановлением 1 мин между рабочими интервалами (зона 2). 2 км (зона 1).
Среда	16 км (зона 1). Силовая тренировка.	10 км (зона 1). Спринты (зона 5) и техника.
Четверг	5 км (зона 1). 5 × 2 км при 2,5 ммоль/л с восстановлением 1 мин между рабочими интервалами (зона 2). 2 км (зона 1).	5 км (зона 1). 25 × 400 м при 3,5 ммоль/л с восстановлением 30 с между рабочими интервалами (зона 2). 2 км (зона 1).
Пятница	15 км (зона 1)	Отдых
Суббота	5 км (зона 1). 20 × 200 м в гору при 8 ммоль/л с восстановлением 70 с бега трусцой назад (зона 4). 2 км (зона 1).	10 км (зона 1).
Воскресение	21 км (зона 1).	Отдых

Примечание - Ммоль/л – мера измерения концентрации лактата в крови.

Таблица 22 – Характеристики и распределение интенсивности тренировки, отражающие методику тренировки бегунов, и вытекающие из нее потенциальные физиологические механизмы, приводящие к улучшению спортивных результатов [120]

Низкая интенсивность	Пороговая интенсивность	Высокая интенсивность
<p>-Кальциевый сигнальный путь влияет на экспрессию PGC1-а (коактиватор рецепторов, активируемые пролифераторами пероксисом) → увеличивается пролиферация (деление клеток) митохондрий. → увеличение сердечного выброса с течением времени → увеличивается доставка кислорода к работающим скелетным мышцам и повышается стимуляция биогенеза митохондрий и улучшение капилляризации в мышечных волокнах I типа → повышается способность к окислительному метаболизму субстратов.</p>	<p>- Сигнальный путь АМПК (аденозинмонофосфат активируемая протеинкиназа) влияет на экспрессию PGC1-а → увеличивается пролиферацию митохондрий. - Интервальные тренировки с интенсивностью от второго лактатного порога (LT₂) до МПК (V_{O2max}) → увеличивают центральные факторы: увеличивается объем плазмы, повышается масса левого желудочка, увеличивается максимальный ударный объем и максимальный сердечный выброс. - Улучшение специфическая мышечная утилизации лактата. - максимально увеличивается количества активных двигательных единиц без последствий повышенного уровня катехоламинов, характерного для тренировок в 4 зоне. - снижается скорость гликогенолиза при повышении окисления пирувата и/или лактата. -улучшается скорость при втором лактатном пороге (vLT₂). - снижается Центральное/периферическое утомление по сравнению с тренировками 4 зоне → снижается время восстановления между "высокоинтенсивными" тренировками</p>	<p>- Спринтерская интервальная тренировка с интенсивностью более МПК (V_{O2max}) → увеличивается периферические факторы: → возмрастает плотность капилляров скелетных мышц, увеличивается максимальная активность цитратсинтазы и повышется митохондриальное дыхание в волокнах II типа. -Рекрутирование определенных двигательных единиц, вызываемое соревновательной интенсивностью тренировки</p>



Продолжение таблицы 22

Низкая интенсивность	Пороговая интенсивность	Высокая интенсивность
<p>-Непрерывный бег от 20 до 100 мин. -Высокий общий объем (например 90-110 км/неделю). - Один забег на длинную дистанцию в неделю (например, 20 км).</p>	<p>-Режимы непрерывной/интервальной тренировки. -Принятие определенных значений [Вla] во время интервальных тренировок путем их контроля (т.е. через каждое 2-4-е повторение) и сознательного манипулирование темпом. - 2-4 тренировки в неделю по 8-12 км каждая (без учета разминки и заминки). - Интенсивность от 2 до 4,5 ммоль/л (лактат) в зависимости от цели занятия (например, 2-3,5 ммоль/л и увеличивая до 3,5-4,5 ммоль/л для более длинных и более коротких повторений, чем 1000 м, соответственно). - Время восстановления между повторениями от 20 до 90 с в зависимости от цели занятия (например, как более короткие значения интервалов отдыха при коротких повторениях, так и более длинные значения интервалов отдыха при более длительных повторениях). -Возможность проведения двойных занятий в связи с уменьшением утомления при тренировках в 2 и 3 зонах по сравнению с 4 зоной. -Примеры: 25 x 400 м или 6 x 2000 м с перерывами между повторениями 30 с и 90 с, и направленными на постепенное увеличение до 4,5 ммоль/л и 3 ммоль/л, соответственно.</p>	<p>-Интервальный режим тренировки. Тренировки проводятся с интенсивностью между МПК (V02max) и максимальной (например, спринтерской). -Одна спринтерская тренировка в режиме 6 зоны (максимальной) интенсивности (например, 3 x 120 м с восстановлением 3 мин между повторениями); и одна тренировка на уровне МПК (V02max) / толерантности к лактату (например, 4 км за тренировку) при нагрузке в 4/5 зонах в неделю. - Пример тренировки на лактатную устойчивость при МПК (V02max): 20 x 200 м в гору при 8 ммоль/л с активным восстановлением - легкой бегом обратно 70 с.</p>



Примечания:

- 1 LT₁ - Первый лактатный порог.
- 2 LT₂ - Второй лактатный порог.
- 3 vLT₂ - Скорость, соответствующая второму лактатному порогу.
- 4 VO₂max - Максимальное потребление кислорода.
- 5 vVO₂max - Минимальная скорость, необходимая для достижения максимального потребления кислорода.
- 6 z1-6: Зона от 1 до 6 в соответствии с 6-зональной шкалой.
- 7 АМПК - Аденозинмонофосфат активируемая протеинкиназа.
- 8 PGC1-а: Коактиватор рецепторов, активируемые пролифераторами пероксисом.

Метод высокоинтенсивных интервальных тренировок (ВИИТ) основан на выполнении повторяющихся периодов мышечной работы при нагрузках, превышающих анаэробный порог, с перерывами на восстановление. Протоколы ВИИТ часто выполняются при интенсивности, близкой к максимальному потреблению кислорода (МПК), при этом во время коротких рабочих интервалов (менее 60 с) интенсивность физической нагрузки обычно превышает МПК, а при длительных интервалах (более 60 с) она равна или ниже МПК. В зависимости от интенсивности нагрузки в течение рабочих интервалов ВИИТ могут проводиться в условиях активации преимущественно анаэробного (спринтерские интервальные тренировки – СИТ) или аэробного (аэробные интервальные тренировки – АИТ) метаболизма [121], [122]. Для создания необходимых тренировочных нагрузок, обеспечивающих специфическую адаптацию метаболических систем организма и нервно-мышечной системы в течение короткого или более длительного времени, применяются ВИИТ с различными комбинациями интенсивности и продолжительности рабочих интервалов и перерывов на восстановление. Продолжительность интервалов отдыха подбирается в зависимости от продолжительности и интенсивности рабочих интервалов для необходимого восстановления к следующему рабочему интервалу. При этом учитывается соотношение работа/отдыха или возврат физиологических показателей к определенному уровню (например ЧСС, МПК) [121], [123], [124].

Выбор активного восстановления (АВ) и интенсивности его нагрузки или пассивного восстановления (ПВ) является в настоящее время предметом активных обсуждений. При этом существует мнение, что АВ следует применять при длительных интервалах отдыха (3–4 мин), а ПВ целесообразно для коротких интервалов отдыха (менее 3 мин). АВ не только положительно влияет на кинетику потребления кислорода, но и может приводить к снижению насыщения мышц кислородом и ресинтеза фосфокреатина при продолжительности интервала отдыха менее 3 мин [122].

Более продолжительные периоды АВ (4 мин) вызывают значительное снижение концентрации лактата в крови по сравнению с короткими АВ (т.е., 2 мин), которые, в свою очередь повышают активацию анаэробного гликолиза во время последующих рабочих интервалов в результате накопления утомления [125], [126].

Sánchez-Otero, T. с соав. [122] в результате сравнительного анализа режимов восстановления во время аэробных интервальных тренировок АИТ по бегу на 400-метровой беговой дорожке открытого стадиона (4 × 2 мин при 100% МАС, отдых 2 мин) установили: активное восстановление (АВ) способствовало повышению показателей среднего ПК, средней ЧСС и пиковой ЧСС во время рабочих интервалов бега; увеличение соотношения ППК к МПК во время рабочих интервалов по сравнению с пассивным восстановлением ПВ; средние показатели ПК и ЧСС во время рабочих интервалов были меньше при ПВ; при АВ и ПВ наблюдалась пиковая концентрация лактата в крови и повышение показателей выполнения прыжковых тестов; оценка восприятие нагрузки повышается при АВ; общая дистанция бега увеличивается при использовании АВ. При этом периоды пассивного восстановления (ПВ) между рабочими интервалами характеризовались полным отсутствием физических нагрузок, а активное восстановление (АВ) представляло собой бег со скоростью 80% от максимальной при втором вентиляционном пороге (vVP_2). Таким образом использование ПВ целесообразно для накопления более высокого тренировочного объема за счет увеличения количества высокоинтенсивных рабочих интервалов, а применение АВ рекомендуется для достижения цели максимального увеличения физиологического стресса во время АИТ со средним тренировочным объемом с учетом расстояния, преодоленного во время восстановительных периодов при беге с низким уровнем интенсивности нагрузки (80% vVP_2). С другой стороны во время АИТ с периодами активного восстановления, предусматривающего бег со скоростями, близкими к анаэробному порогу (80% vVP_2), утилизация лактата

происходит более эффективно. Применение такого варианта АВ не приводит к увеличению нервно-мышечного утомления, что позволяет выполнять дополнительные рабочих интервалы [122].

Основу спортивной подготовки бегунов составляют методы непрерывных, интервальных и смешанных тренировок по бегу [127], которые позволяют повысить эффективность газообмена в легких, максимальное потребление кислорода (МПК), лактатный порог, внутримышечные запасы гликогена и плотность митохондрий. Все эти показатели определяют работоспособность и результативность соревновательной деятельности бегунов. При этом оптимизация частоты и длины бегового шага, нервно-мышечных и морфологических структур также способствует повышению экономичности бега особенно у бегунов на длинные дистанции элитного уровня. Большая мощность мышц требуется во время коротких ускорений для сокращения дистанции между соперниками и на финишном отрезке. В этой связи ключевую роль играют силовые тренировки (СТ), повышающие анаэробную мощность и скоростные способности [128].

Традиционно проведение комбинированных СТ планируют два-три раза в неделю при умеренных нагрузках (40–70% 1RM) или сочетании высоких нагрузок (более 80% 1 RM) со взрывными упражнениями. Подобные тренировки могут негативно влиять на последующую основную тренировку или работоспособность спортсменов, приводя к развитию острого остаточного утомления [127]. К острым эффектам воздействия силовой тренировки относятся сильное повреждение мышц, изменение кинематики, повышенный расход энергии, снижение запасов гликогена (ухудшение восстановления), низкую сократимость мышц при субмаксимальной нагрузке и снижение доступности энергетического субстрата [129].

В результате изучения острых эффектов воздействия СТ разных типов (традиционных, взрывных, плиометрических и комбинированных) показатели эффективности бега de Carvalho e Silva G.I. с соав. [128] установили, что выполнение силовой тренировки даже при высокой

интенсивности физической нагрузки (80% RM или 6 RM) с 24-часовым перерывом на восстановление перед субмаксимальной тренировкой по бегу не оказывает влияния на результаты выполнения вертикальных прыжков, физиологические параметры дыхательной системы и эффективность тренировок по бегу с субмаксимальной скоростью. Следует отметить, что хотя многие бегуны используют СТ перед участием в соревнованиях по бегу и во время рекреационных занятий, их применение не приводит к острому повышению работоспособности и результативности их соревновательной деятельности. Напротив, в некоторых исследованиях было продемонстрировано, что эта дополнительная стратегия подготовки, используемая обычно для улучшения нервно-мышечной адаптации, вызывала снижение ряда важных характеристик. Острый эффект от выполнения силовой тренировки в сочетании с тренировкой выносливости проявляется в снижении пикового крутящего момента, усилении отставленной мышечной боли, повышении уровня креатинкиназы и повышении оценки индивидуального восприятия нагрузки. Вместе с тем СТ не оказывают острого воздействия на работоспособность и результативность бегунов во время тренировок по бегу с субмаксимальными физическими нагрузками (таблица 23) [128].

В дополнение к высокому скоростному резерву высококвалифицированные бегуны на 400 м также должны обладать высокими показателями абсолютной скорости, скоростной и силовой выносливости. Тренеры китайских бегунов-спринтеров считают, что бег на дистанции на 100 и 200 м относится к спортивным дисциплинам, в которых энергетические потребности спортсменов удовлетворяются главным образом благодаря применению фосфата в качестве источника энергии. Развитие скоростной выносливости оказывает статистически значимое влияние на улучшение спортивных результатов у бегунов на дистанцию 400 м элитного уровня.

Таблица 23 - Современные тенденции использования силовых тренировок легкоатлетов (бег) [128], [130]-[132]

Протоколы	Период восстановления	Результаты
Силовые тренировки, 4 × 5 RM присед-прыжки с резинкой)	8 мин	Повышение показателя прыгивания с подскоком, ЧСС; снижение результата времени выполнения теста на время; ОИВН – не изменилась
Силовые тренировки (3 × 5х85% приседаний со штангой, румынская становая тяга, выпады со штангой; 5 RM боковой выпад); плиометрические тренировки (3 × 5 прыжков на коробку (ящик), прыжки в глубину)	Немедленно и через 24 ч	Повышение показателя ПК, снижение отношения респираторного обмена (отношение CO ₂ /O ₂); повышение экономичности бега
Плиометрические тренировки: 6 прыгивание с подскоком	10 мин	Повышение показателя готовности; ЧСС, КЛК, ОИВН – не изменились, снижение показателя экономичность бега, ↔ время работы до отказа
Силовые тренировки (+ аэробные нагрузки) 3 × 10 × 70%1 RM 7 упражнений + 25 мин при 70% МПК	5 мин	Повышение показателей ПК, ЧСС, ОИВН;
100 прыгиваний с подскоком	48 ч	Снижение показателя пикового крутящего момента; повышение показателей отставленной мышечной боли, КФК, КЛК, ОИВН, ↑ отношения респираторного обмена (отношение CO ₂ /O ₂); легочная вентиляция, ОДП, ПК, ВУГ, ЧСС – не изменились; снижение показателя скорости
Силовые тренировки 1: жим ногами в тренажере — 6 × 6, жим штанги лежа на скамье — 4 × 6, тяга гантелей лежа на скамье — 4 × 6 2 жим ногами в тренажере — 6 × 20, жим штанги лежа на скамье — 4 × 20, тяга гантелей лежа на скамье — 4 × 20	6 ч	Снижение показателя пикового крутящего момента; ПК, ЧСС, ОИВН; отношение респираторного обмена (отношение CO ₂ /O ₂) – не изменились; снижение показателей времени работы до отказа

Продолжение таблицы 23

Протоколы	Период восстановления	Результаты
<p>Силовые тренировки (+ аэробные нагрузки) 3 × 5 х 70-85% —жим ногами 3 × 8- 10 × 30 —40%; Приседания: 3 × 5–8 × 70–85%; SJ: 3 × 8–10 × 30—40%</p>	<p>Немедленно, 24 ч и 48 ч</p>	<p>Снижение показателей пикового крутящего момента и СМЖ; повышение показателя КФК; КЛК – не изменилась</p>
<p>Силовые тренировки (+ аэробные нагрузки) 6 × 6 жим ногами, разгибание ног и сгибание ног 4 × 6; Тренировка по бегу: 70%-90% ВП₂ и 110% ВП₂</p>	<p>6 ч</p>	<p>Снижение показателя пикового крутящего момента; повышение показателя ОИВН; снижение показателя времени работы до отказа; пульсовая стоимость бега – не изменилась</p>
<p>Силовые тренировки 5 × 5 RM жим ногами, 2 × 15 RM жим ногами двух протоколов силовых тренировок (максимальной силы и силовой выносливости)</p>	<p>Немедленно</p>	<p>ПК, ЧСС, ОИВН – не изменились Несмотря на выявление статистически значимой разницы в общем показателе уровня лактата, измеряемом немедленно после СТ, при применении не было зарегистрировано изменений данного параметра после первого километра бега (показатели КЛК в группах контроля, максимальной силы и силовой выносливости составили, соответственно, $2,7 \pm 0,8$, $2,7 \pm 1,2$ и $3,2 \pm 1,8$ ммоль/л) даже при выполнении специальной тренировки по бегу немедленно после силовой тренировки. Преобладала работа в зоне аэробного метаболизма, характерного для бега субмаксимальной интенсивности, во время которого происходит ресинтез достаточного количества лактата</p>
<p>Силовые тренировки (+ аэробные нагрузки) 5–8/ 8–10 (70%-85% / 30%-40%) максимальный жим ногами — взрывной жим ногами - приседание — прыжок из приседа - подъем икр</p>	<p>Немедленно</p>	<p>Снижение показателя пикового крутящего момента ; снижение показателя КЛК; ПК, ЧСС – не изменились; повышение показателя экономичности бега, снижение показателя длины бегового шага; дистанция, скорость – не изменились</p>

Продолжение таблицы 23

Протоколы	Период восстановления	Результаты
Силловые тренировки 3 × 8RM — жим штанги лежа на скамье; приседания со штангой на плечах; подъем штанги к подбородку обратным хватом; становая тяга; тяга к животу в тренажере сидя	Немедленно, 1 ч, 8 ч, 24 ч	Снижение показателя пикового крутящего момента; повышение показателя КЛК; ЛВ, ЧСС, КЛК, ОИВН – не изменились; снижение показателя экономичности бега; длина бегового шага – не изменилась
		Palmer et al. [37] через 24 ч после проведения СТ, не было зарегистрировано изменений показателей ЛВ, ЧСС, КЛК, ОИВН и длины бегового шага.
Силловые тренировки 6 × 6 RM приседаний со штангой на плечах, жим одной ногой, разгибание ног и сгибание ног	24 ч и 48 ч	Снижение показателя СМЖ; снижение показателей отставленная мышечная боль; повышение показателей КФК, ВУГ, ЧСС, ОИВН; ПК – не изменилось. Выявлена повышенную потребность в восстановлении после исходной тренировки для сегментов нижней части тела
Силловые тренировки 3 × 6 RM, приседания в тренажере Смита, горизонтальный жим ногами, разгибание ног и сгибание ног	Немедленно, 24 ч, 48 ч	Повышение показателя СМЖ
Силловые тренировки 10 × 10x80% веса тела приседания в тренажере Смита	24 ч и 48 ч	Снижение показателя пикового крутящего момента, СМЖ, прыгивание с подскоком, SJ; повышение показателей отставленной мышечной боли, ПК, КЛК, легочной вентиляции, ОИВН; ЧСС – не изменилась; снижение показателя длины бегового шага
Силловые тренировки 10 × 10x80% веса тела приседания в тренажере Смита	24 ч и 48 ч	Высокие показатели отставленной мышечной боли, отечности и жесткости мышц, вызываемые нарушениями их внутриклеточной структуры, сарколеммы, внеклеточного матрикса и ухудшением функционирования мышц Повышение результатов показателей КФК, отставленной мышечная боль, ПК, ОИВН и уменьшение длины бегового шага, выполняемых через 24 и 48 ч после данной тренировки.

Продолжение таблицы 23

Протоколы	Период восстано вления	Результаты
Силовые тренировки 100 × 80% веса тела приседания в тренажере Смита	24 ч и 48 ч	Снижение показателя пикового крутящего момента; повышение показателей КФК, отставленной мышечной боли, легочная вентиляция, ПК, ЧСС, КЛК, ОИВН -
Силовые тренировки 21 × 15	30 мин, 24 ч, 48 ч, 96 ч и 144 ч	Повышение показателя время выполнения теста на время
Силовые тренировки (+ аэробные нагрузки) 6 × 6 RM жим ногами + 4 × 6 RM сгибание ног и разгибание ног; Выносливость: три этапа увеличения нагрузки — 70, 90 и 110% ВП ₂ комбинированная тренировка выполнялась в один и тот же день: сначала силовых тренировок, а затем 6 часов спустя тренировка по бегу, а время работы до отказа (ВДО) определялось на следующий день (через 24 ч после силовых тренировок и 18 ч после тренировки по бегу).	6 ч и 24 ч	Снижение показателя пикового крутящего момента; повышение показателя ОИВН; повышение показателя ПСБ, снижение показателя времени выполнения теста на время Высокая интенсивность рабочей нагрузки во время СТ и короткое время периода восстановления привели к снижению работоспособности бегунов. Также была обнаружена повышенная пульсовая стоимость бега (ПСБ), которая указывает на негативные изменения экономичности бега у выполнявших СТ членов экспериментальной группы при проведении измерений через 6 и 24 ч после силовой тренировки.
Силовые тренировки 3 × 6 RM приседания в тренажере Смита, горизонтальный жим ногами, разгибание ног и сгибание ног	Немедле нно, 24 ч, 48 ч	Снижение показателя пикового крутящего момента; повышение показателей отставленной мышечной боли, ЛВ, ПК, ВУГ, ЧСС, отношения респираторного обмена (отношение CO ₂ /O ₂) КФК – не изменился

Примечания

- 1 ОИВН – Оценка индивидуального (субъективного) восприятия нагрузки.
- 2 ПК – Потребление кислорода.
- 3 КЛК – Концентрация лактата в крови.
- 4 КФК – Креатинфосфокиназа, креатинкиназа.
- 5 SJ – Прыжок из приседа.
- 6 CJM – Прыжок вверх с приседом.

Скоростная выносливость представляет собой специфическую способность к поддержанию максимально возможной скорости (при отсутствии ее явного снижения) на протяжении всей дистанции бега. При этом анаэробный метаболизм выступает в качестве главного источника энергообеспечения, а к мышцам предъявляются особые требования к быстрому сокращению в условиях гипоксии [133]. Для бегунов на 400 м тренировки скоростной выносливости с вовлечением анаэробной системы энергообеспечения должны проводиться на уровне 80-90% максимальной интенсивности физической нагрузки на дистанции от 200 до 500 м. Время отдыха между рабочими интервалами должно составлять от 30 с до 2 мин при обычной дистанции 350 или 400 м. Чем длиннее дистанция и выше интенсивность нагрузки, тем больше продолжительность интервалов отдыха. В общих чертах, время интервалов между подходами (сериями) упражнений, должно превышать время самих подходов, что позволяет до определенной степени восстановить физические функции спортсменов. Для повышения эффективности тренировок скоростной выносливости также требуется развитие силовой выносливости. Для этого используются упражнения, состоящие из многократных прыжков на длинные дистанции (многоскоков), такие как прыжки приставными шагами (100-200 м × 3-6 подходов), прыжки приставными шагами (200-400 м × 4-6 подходов), прыжки назад (100-200 м × 3-6 подходов), прыжки с высоким подъемом ног (200-300 м × 4-5 подходов). Бег на короткие дистанции способствует повышению абсолютной скорости, бег на длинные дистанции улучшает аэробный метаболизм, и во время тренировок следует использовать комбинацию бега на короткие и длинные дистанции в целях одновременного улучшения функционирования обеих систем энергообеспечения. Тренировки скоростной выносливости следует проводить 2-3 раза в неделю. При этом в целях регулирования нагрузок и обеспечения должного уровня восстановления необходимо планировать не менее одной аэробной тренировки по бегу на длинную дистанцию в неделю для предотвращения мышечных травм [133], [134].

2.2 Прогнозирование результативности и подготовленности бегунов

Прогностическая модель резерва анаэробной скорости (AnSR - PAnC) основана на определении разности между максимальной анаэробной скоростью (MAnS - MAnC) и максимальной аэробной скоростью (MAS - MAC) или разности между максимальной скоростью использования максимальной анаэробной энергии ($Spd_{an} - C_{kan}$) и максимальной скоростью использования максимальной аэробной энергии ($Spd_{aer} - C_{kaer}$). В модели PAnC используется отрицательная экспоненциальная зависимость между продолжительностью забегов с максимальным усилием и соответствующими скоростями. Данный подход позволяет успешно прогнозировать результаты бега на беговых дорожках стадионов (на стадионе) (100-400 м) и на беговых дорожках тренажеров (на беговой дорожке) (3-240 с) со средней ошибкой 3,4% и 2,5%, соответственно. Такой метод требует только применения простого уравнения и двух разных попыток бега с максимальной анаэробной и аэробной скоростью продолжительностью приблизительно 3 с и 60 с [135].

Новая модель, которая получила название индекс энергетического резерва бега (ИЭРБ) («Running energy reserve index» (RERI)) и была разработана на основе концепции PAnC для точного прогнозирования результатов бега с максимальным усилием длительностью около 240 с (бег на короткие и средние дистанции бега) [136]. В основе модели ИЭРБ лежит определение отношения потребления кислорода (ПК) при MAnC ($E_{MAnS} - \Delta_{MAnC}$) к ПК при MAS ($E_{MAS} - \Delta_{MAC}$), которое было обозначено как ИЭРБ_Э (RERI_Э), а также отношения MAnC к MAS, обозначаемого как ИЭРБ_{ск} (RERI_{spd}). $E_{MAnS} - \Delta_{MAnC}$ (мл/кг/с) обозначает максимальную анаэробную энергию, а MAnS - MAnC (м/с) – максимальную анаэробную скорость. Определение данных показателей происходит по особому алгоритму. Вначале определяется МПК бегунов при помощи модифицированного протокола Астранда, представляющего собой непрерывный максимальный тест с постепенным увеличением нагрузки на беговой дорожке (протокол

AMRMAX). На основе полученных данных проводится субмаксимальный интервальный тест на беговой дорожке (протокол SUBMAX). При этом выполняется серия из 6-9 субмаксимальных рабочих интервалов бега на беговой дорожке. Исходная скорость устанавливалась на уровне 40–60% МПК, затем на каждом этапе она увеличивалась на 4–5% МПК. Все показатели скорости бега находятся в пределах 40-90% МПК. Продолжительность рабочих интервалов составляет 4 мин, с периоды восстановления между ними 2-4 мин. Показатели ПК и соответствующих скоростей представляются в графической форме, и для каждого спортсмена составляется уравнение линейной регрессии. Данная линейная зависимость накладывается на показатель МПК, определенный во время выполнения протокола AMRMAX, и соответствующая скорость обозначается «скорость при МПК» ($v_{\text{МПК}}$). Также определяются скорость при лактатном пороге ($v_{\text{ЛП}}$) посредством графического представления показателей КЛК и соответствующих им показателей скорости с применением метода построения лог-лог графика и скорость дельта 50 ($v_{\Delta 50}$), рассчитываемая как средний показатель $v_{\text{ЛП}}$ и $v_{\text{МПК}}$. Затем проводится тестирование ПК до отказа (T_{lim}), которое проводится при 100% $v_{\text{МПК}}$ ($T_{\text{lim}}v_{\text{МПК}}$) и $v_{\Delta 50}$. Кинетика ПК при $T_{\text{lim}}v_{\text{МПК}}$ отражается в уравнении положительной экспоненциальной регрессии для двух или трех факторов. Время достижения МПК ($T_{\text{AVO}_{2\text{max}}} - \text{ВДМПК}$) при $T_{\text{lim}}v_{\text{МПК}}$ и $T_{\text{lim}}v_{\text{суб}95}$ рассчитывается в соответствии с основными (первичными) критериями достижения $\geq 95\%$ МПК. Далее осуществляется построение кривой скорости-продолжительности. Для этого выполняются 2-3 попытки бега с разными скоростями 90-140% $v_{\text{МПК}}$. Продолжительность бега до отказа при каждой скорости регистрировалась для дальнейшего анализа. Гиперболическая зависимость определяется на основе данных скорости и соответствующих им данных продолжительности времени, регистрируемых во время выполнения разных интервалов теста до отказа (T_{lim} теста), а также протокола для построения кривой скорости-продолжительности. При этом учитывается

показатели скорости в пределах от 90%vМПК до 140%vМПК, и на их основе были устанавливается анаэробная способность (емкость) для заданной дистанции (анаэробная дистанционная способность – АДС) и критическая скорость (КС) для каждого спортсмена. Затем определялась МАС на основе индивидуальной для каждого спортсмена гиперболической зависимости между скоростью и продолжительностью времени бега. МАС определяется как минимальная скорость, при которой производится максимальное количество аэробной энергии при незначительном вкладе анаэробных источников энергообеспечения во время бега в стабильном состоянии. А наиболее высокий показатель скорости преодоления специально установленных отрезков спринтерского забега на 50 м (на отрезке от 34 до 50 м для спринтеров и бегунов на средние дистанции и на отрезке от 30 до 46 м для бегунов на длинные дистанции.) определяется как максимальная анаэробная скорость (МАНС). После этого линейная зависимость между показателями скорости и МПК, определенная в результате выполнения протокола SUBMAX, экстраполируется на показатели МАС и МАНС. Количество энергии, экстраполированной на данные показатели максимальной аэробной и анаэробной скорости, определяется как максимальная аэробная энергия ($\mathcal{E}_{\text{МАС}}$) и максимальная анаэробная энергия ($\mathcal{E}_{\text{МАНС}}$), соответственно. Затем производится расчет показателей ИЭРБ_Э (RERI_{E}) и ИЭРБ_{СК} (RERI_{spd}) с помощью уравнений (2) и (3) [136].

$$\text{ИЭРБ}_{\text{Э}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{МАНС}} (\text{мл/кг/с})}{\mathcal{E}_{\text{МАС}} (\text{мл/кг/с})} \quad (2)$$

$$\text{ИЭРБ}_{\text{СК}} = \frac{\text{МАНС} (\text{м/с})}{\text{МАС} (\text{м/с})} \quad (3)$$

В основе модели ИЭРБ лежат различных статистические расчеты определения двух наиболее подходящих дистанций бега, на которых достигаются близкие к МАС и МАНС скорости и соответствующие им уровни потребления кислорода. Процедура определения ИЭРБ на основе

двух попыток бега с максимальной скоростью в условиях аэробного и анаэробного энергообеспечения, была разработана в качестве альтернативы сложным процедурам измерения $\dot{V}_{O_{2\text{МАС}}}$, $\dot{V}_{O_{2\text{МАНС}}}$, МАС , МАНС , $\text{ИЭРБ}_{\text{Э}}$ и $\text{ИЭРБ}_{\text{СК}}$. Уравнение, составленное в рамках применения модели $\text{ИЭРБ}_{\text{СК}}$, стандартизировано и подобно уравнению на основе модели $\text{ИЭРБ}_{\text{Э}}$. Уравнение модели $\text{ИЭРБ}_{\text{СК}}$ на основе результатов двух попыток бега на 3000 м на беговой дорожке (тредмиле) и спринта на 50 м на легкоатлетическом стадионе, скорости бега продолжительностью 745 с и 4 с на беговой дорожке и на дистанции 3000 м и на 13 м на стадионе, обеспечивает прогнозирование результатов бега с такой же точностью как и уравнение модели $\text{ИЭРБ}_{\text{Э}}$. Кроме того, с помощью модели $\text{ИЭРБ}_{\text{СК}}$ можно также прогнозировать результаты бега с максимальной скоростью без метаболической измерительной системы. Применение данной модели также позволяет сократить расходы на сложное оборудование благодаря использованию последних 13 м 50-метрового спринтерского забега вместо МАНС для прогнозирования скорости забегов с максимальной скоростью. Основанные математических функциях модели $\text{ИЭРБ}_{\text{Э}}$ и $\text{ИЭРБ}_{\text{СК}}$ позволяют с высокой точностью прогнозировать результаты бега с максимальной скоростью на беговой дорожке (тредмиле) продолжительностью от 5 до 1340 с, а также результаты бега на дистанции 200 м и 5000 м на стадионе. Точность прогнозирования с помощью уравнения, основанного на двух попытках бега с максимальным усилием на беговой дорожке продолжительностью 4 с и 745 с, достигала 2,56% средней ошибки прогноза ($\text{ИЭРБ}_{\text{Э}}$) и 2,59% ($\text{ИЭРБ}_{\text{СК}}$). Результаты бега на 3000 м на стадионе и последних 13 м 50-метрового спринтерского забега позволяют прогнозировать результаты забегов на 200 м, 400 м, 1500 м и 5000 м со средней ошибкой прогноза 2,43%, то есть с большей точностью прогнозирования, по сравнению с методом РАНС Бандла (ошибкой прогноза 4,1%). Таким образом, модель ИЭРБ обеспечивает получение более точных и охватывающих большее количество спортивных дистанций прогнозов результатов бега с максимальным усилием [136].

Оценка аэробных показателей бегунов обычно осуществляется в лабораториях в контролируемых условиях, при этом применимость полученных результатов в условиях практики вызывает сомнения. Поэтому более целесообразным является определение этих переменных в условиях, непосредственно связанных с тренировочной практикой, с помощью полевых испытаний на треке [137], [138]. Пиковая скорость бега (V_{peak}) является показателем аэробной подготовленности и определяется в результате тестирования на беговой дорожке (тредмиле) (V_{peak_T}) обычно в лабораторных условиях, которые значительно отличаются от реальных условий проведения тренировок и соревнований бегунов [137]. Manoel F.d.A. с соав. [139] разработали новый легкоатлетический ступенчатый беговой тест, позволяющий определять пиковую скорость бега непосредственно в условиях стадиона (V_{peak_TF}). При этом был проведен сравнительный анализ с результатами лабораторного тредмил-теста (V_{peak_T}) бега на 10 км у тренированных бегунов на выносливость.

Для определения V_{peak_T} используется непрерывный ступенчатый тест на беговой дорожке (тредмиле). После 3-минутной разминочной ходьбы (6 км/ч) тест начинался со скорости 8 км/ч с последующим увеличением на 1 км/ч каждые 3 мин до невозможности продолжать бег или при повышении уровня лактата более 8 ммоль/л, или увеличении ЧСС (HR_{max}) более 100% от максимальной ($ЧСС_{max} = 206 - 0,7 \times \text{возраст}$), или достижения оценки индивидуального восприятия нагрузки (RPE) более 18 баллов (шкала Борга 6-20). При этом, если последний этап не был завершен, то V_{peak_T} рассчитывается на основе уравнения: $V_{peak_T} = V_{complete} + (Inc \times t/T)$, где $V_{complete}$ - скорость бега на последнем завершенном этапе, Inc - прирост скорости (1 км/ч), t - количество секунд, проведенных на незавершенном этапе, а T - количество секунд, необходимое для завершения этапа (180 с).

Для определения V_{peak_TF} используется тот же непрерывный ступенчатый тест, но только в условиях легкоатлетического стадиона, с приростом скорости на 1 км/ч каждые 3 мин. Скорость движения во время

теста контролируется звуковыми сигналами. Бегуны должны пересекать линии, обозначенные конусами, которые распределяются на треке стадиона через каждые 25 м, по крайней мере, одной ногой одновременно со звуковым сигналом. Интервал между звуковыми сигналами на каждом этапе уменьшается каждые три минуты, а более высокий звуковой сигнал свидетельствует о начале нового этапа. Каждые три минуты происходит сокращение времени между звуковыми сигналами для увеличения скорости, то есть при каждом увеличении скорости участники должны преодолеть большее количество отрезков, обозначенных конусами, за интервал в 3 мин по сравнению со скоростью на предыдущем этапе (таблица 24). Тест продолжается до отказа участника или когда эксперт определяет, что участник не смог пересечь контрольные линии два раза подряд.

Таблица 24 – Характеристики нового ступенчатого теста для определения V_{peak} в условиях легкоатлетического стадиона (V_{peak_TF}) [139]

Этап скорость (км/ч)	Количество отрезков (25 м), пройденных за этап	Интервал между звуковыми сигналами (с)	Этап скорость (км/ч)	Количество отрезков (25 м), пройденных за этап	Интервал между звуковыми сигналами (с)
6,0	12	15,0	14,0	28	6,4
8,0	16	11,3	15,0	30	6,0
9,0	18	10,0	16,0	32	5,6
10,0	20	9,0	17,0	34	5,3
11,0	22	8,2	18,0	36	5,0
12,0	24	7,5	19,0	38	4,7
13,0	26	6,9	20,0	40	4,5

Примечание - Во время тестирования проводился мониторинг ЧСС и КЛК.

Внешние условия лучше контролируются при выполнении тестов на беговой дорожке (тредмиле). Вместе с тем данные, полученные при тестировании на стадионе, более близки к соревновательной реальности и тренированности бегунов. При определении пиковой скорости (V_{peak}) бегунов установлены достоверно более высокие значения RPE_{max} при тестировании на беговой дорожке (тредмиле) по сравнению с тестированием на

легкоатлетическом стадионе. Это связано с тем, что бегуны на тредмиле пробегают дополнительный этап во время теста, кроме того, у них возникает ощущение большей скорости на моторизированной беговой дорожке из-за необходимости поддержания большего равновесия и координации, повышенных требований к вниманию и зрительной ориентировке, а также опасения падения с устройства. Вместе с тем существенной разницы в показателях HR_{max} и LA_{peak} не наблюдается, что свидетельствует о том, что оба ступенчатых протокола позволяют достичь одинаковых показателей максимального усилия. необходимо отметить, что показатель V_{peak_TF} показал более высокую корреляцию с результатами бега на 10 км, чем V_{peak_T} , что свидетельствует о том, что улучшение V_{peak_TF} в течение тренировочного периода может напрямую отражать изменения в результатах. Высокая корреляция V_{peak_TF} объясняется тем, что место проведения теста (на стадионе) было схоже с местом проведения соревнований, где обычно соревнуются бегуны. Это подтверждает большую практическую значимость показателя V_{peak_TF} планирования тренировочного процесса. Кроме того, этот тест подходит для одновременной оценки нескольких бегунов. Для планирования тренировок на выносливость с использованием переменной предлагается использовать интенсивность $75\pm 4\%$ от V_{peak} для непрерывных тренировок и интенсивность $100\%\pm 2\%$ от V_{peak} для длинных интервальных тренировок и $120\%\pm 2\%$ от V_{peak} для коротких интервальных тренировок [139].

В ряде предыдущих исследований изучался мониторинг работоспособности бегунов-спринтеров на основе результатов выполнения прыжка вверх с приседом (CMJ) в ходе тренировок по бегу. При этом высказывалось мнение, что мониторинг высоты ПВМ обеспечивает более точное определение тренировочных нагрузок во время данного типа тренировок [140], [141]. При этом результаты предыдущих исследований свидетельствуют о противоречиях в вопросе влияния непрерывных или интервальных тренировок на результаты выполнения (CMJ) (таблица 25).

Таблица 25 – Современные тенденции применения различных протоколов беговых тестов с учетом влияния на результаты выполнения прыжка вверх с места с приседом (СМЖ) и механические показатели бега на длинные дистанции. [141], [142]

Протокол тренировок	Результаты
Сравнение результативности выполнения прыжков после двух протоколов беговых тестов: - Непрерывный многоступенчатый тест университета Монреаля; - тест с ограничением по времени при МАС.	После обоих протоколов высота СМЖ возросла в условиях развития утомления, при этом наибольшие показатели были зарегистрированы на 2-ой минуте восстановления (+12,7% и +4,9%)
Исследование одновременного развития утомления и постактивационной потенция после полевого непрерывного многоступенчатого теста университета Монреаля	Высота СМЖ увеличилась сразу же после выполнения протокола бегового теста (+3,6%) при повышении пиковой мощности (+3,4) и одновременном снижении пиковой силы (-10,8%).
Изучение причин утомления во время марафона в теплых погодных условиях	Выявлено снижение высоты СМЖ и пиковой мощности в течение 3 минут после марафона (-17,8% и -21,8%, соответственно).
Исследование причин мышечного утомления во время «полужелезного» триатлона	Было зарегистрировано снижение высоты ПВМ и пиковой мощности во время концентрической фазы в течение 3 минут после «полужелезного» триатлона (22,8% и 19,1%, соответственно).
Изучение острого воздействия имитации триатлона на спринтерской дистанции на физиологическом и нервно-мышечном уровнях	Не обнаружено изменений в высоте прыжков непосредственно после имитации спринтерского триатлона.
Изучение острого воздействия двух разных тренировок по бегу (10×400 м и 40×100 м) на постуральный контроль, СМЖ, SJ и на цикл растяжения-сокращения и сравнение изменений данных параметров, вызываемых этими двумя протоколами проведения тренировок.	Результат выполнения СМЖ улучшился сразу после тренировки по протоколу 10×400 м (+5,18%), в то время как высота ПВМ оставалась неизменной после тренировки по протоколу 40×100 м.
Изучение острых эффектов воздействия многоступенчатого нагрузочного бегового теста (теста Лежера) на результаты выполнения СМЖ и силы хвата руки с учетом влияния времени постнагрузочного восстановления и половой принадлежности спортсменов.	Было зарегистрировано улучшение высоты СМЖ после выполнения протокола бегового теста (+5,5%).

Продолжение таблицы 25

Протокол тренировок	Результаты
Изучение влияния протокола бегового теста (4×3×400 м) на СМЖ и силы хвата руки бегунов на длинные дистанции	Было зарегистрировано увеличение высоты СМЖ сразу после выполнения протокола бегового теста 4×3×400 м (+7,89%).
Изучение мышечного утомления после спринтерской тренировки (забеги с максимальной скоростью на 40 м с 4-мин перерывами между ними до снижения скорости на 3%)	Снижение высоты СМЖ на 14% (сразу после выполнения протокола) в условия снижения скорости на 3%.
Изучение острых механических и метаболических реакций на спринтерскую тренировку (забеги с максимальной скоростью на 60 м с 6-мин перерывами на восстановление до снижения скорости на 3%)	Снижение высоты СМЖ на 16% (при выполнении измерений сразу после выполнения протокола бегового теста) в условия снижения скорости на 3%.
Изучения влияния утомления во время марафонского бега на эффективность нервно-мышечной деятельности	Снижение высоты прыжков после марафона (-13% при выполнении измерений сразу после бега)
Изучение влияния постактивационной потенциации на темп бега, выполнение прыжков и другие физиологические параметры во время 30-километрового теста с самостоятельным распределением темпа	Повышение высоты СМЖ сразу после выполнения 30-километрового теста хорошо тренированными бегунами на длинные дистанции (+14%)
Исследование изменений механических показателей СМЖ после горного полумарафона	Не достигающее уровня статистической значимости (4,1%) уменьшение высоты прыжка сразу после забега, но ее значимое снижение через 5 мин после забега (7,9%)
Исследование острых изменений мышечной активации и работоспособности после выполнения трех протоколов бега: Многоступенчатый нагрузочный беговой тест до отказа; 40-минутный непрерывный бег; 40-минутный интервальный бег (2 мин бега при 100% МПК и 2 мин восстановления при 80%)	Возрастание высоты СМЖ сразу после выполнения всех трех протоколов (+5,6-8,5%)

Примечания

- 1 МАС – Максимальная аэробная скорость.
- 2 СМЖ – Прыжок вверх с места.
- 3 SJ – Прыжок из приседа.
- 4 МПК – Максимальное потребление кислорода.

В то время как в некоторых исследованиях сообщалось о снижении высоты прыжка после марафона (13-22%), горного полумарафона (4,1-7,9%), и забега, выполняемого в рамках «полужелезного» триатлона (23%), в других работах было зарегистрировано улучшение (8,5%) результата СМЖ, выполняемого элитными бегунами на длинные дистанции сразу после 40-минутного непрерывного бега с интенсивностью на уровне 80% скорости при максимальном потреблении кислорода (МПК), а также у хорошо тренированных бегунов во время забега на 30 км (14%). Также в ходе непрерывного многоступенчатого теста университета Монреаля и теста на максимальную аэробную скорость было обнаружено увеличение высоты прыжка после выполнения обоих протоколов (12,7% и 4,9%). В другой группе бегунов на длинные дистанции, выполнявшей тест Лежера-Ламбера (Léger-Lambert test), также было зарегистрировано увеличение высоты СМЖ (5,5%).

Пока остаются неясными факторы, влияющие на баланс между потенциацией (увеличением рефлекторной реакции) и утомлением после выполнения протоколов беговых тестов, к которым может относиться интенсивность беговой нагрузки (максимальная или субмаксимальная) и специализация бегунов (спринтеры или бегуны на средние и длинные дистанции). В результате использования двух часто применяемых спринтерами тренировочных режимов на метаболические (содержание лактата и аммиака в крови) и нервно-мышечные (результаты СМЖ и спринтерских тестов) показатели: спринты с максимальной скоростью на 40 м с 4-минутными интервалами отдыха между подходами до снижения результативности на 3%; спринты с максимальной скоростью на 60 м с 6-минутными интервалами отдыха между подходами до снижения скорости на 3%. было зарегистрировано ухудшение результата ПВМ (СМЖ) на 14-16%, что подтверждает возможность использования СМЖ в качестве инструмента мониторинга работоспособности при выполнении спринтерских тренировок и определения механического и метаболического утомления [141]. Сходные

результаты были получены при исследований высокоинтенсивной тренировки бегунов на дистанции 800 м по схеме 5×200 м с 4-минутными интервалами отдыха [140]. При этом проведении интервальных тренировок с субмаксимальной интенсивностью нагрузки у бегунов на длинные дистанции: 12×400 м (4 подхода из 3 повторения) с периодами пассивного восстановления продолжительностью 1 мин между забегами и 3 мин между подходами (4×3×400 м); или 10×400 м с 90-секундными периодами восстановления; или 40×100 м с 30-секундными периодами восстановления. Данные протоколы не приводили к снижению высоты ПВМ у бегунов на длинные дистанции, несмотря на высокие показатели ОИВН (17 баллов) и концентрации лактата в крови (13 ммоль/л). При этом показатели высоты СМЖ увеличились после тренировки по схеме 4 × 3 × 400 м (на 7,9%) и 10 × 400 м (на 5,2%), а по схеме 40×100 м – не изменились. Использование повторных двухминутных забегов со 100% скоростью при МПК и 2-минутным восстановлением также приводило к увеличению высоты прыжков, выполняемых после каждого рабочего интервала. Таким образом, при максимальной скорости бега (во время спринтерских интервальных тренировок) следует ожидать снижение показателя СМЖ. Однако в результате проведения тренировок с субмаксимальными нагрузками (высокоинтенсивные интервальные тренировки) результаты СМЖ у бегунов на длинные дистанции остаются неизменными или даже улучшаются [142].

Данные специфические реакции у бегунов на длинные дистанции обусловлены феноменом повышения постактивационной результативности (ППАР) (post-activation performance enhancement (PAPE)), заключающийся в улучшении работоспособности мышц в результате их предшествующей работы [143]. Таким образом улучшение результата СМЖ после бега означает, что уровень мышечной потенциации спортсменов превышает уровень их нервно-мышечного утомления в ответ на воздействие физической нагрузки во время бега [140], [141], [144]. Между тем проявление ППАР во время интервальных тренировок бегунов на длинные дистанции делает

бесполезным применение снижение значений СМЖ для оценки внутренней нагрузки с учетом определения момента уменьшения или прекращения внешней тренировочной нагрузки [142].

Снижение показателя СМЖ коррелирует с уровнем метаболического стресса (концентрацией лактата в крови и аммиака в крови) (таблица 26). При использовании различных протоколов спринтерского бега у спортсменов одновременно наблюдалось снижение результатов выполнения СМЖ и повышение уровней содержания лактата и аммиака в крови [140]. Кроме того, Jiménez-Reyes P. с соав. [141] предположили возможность применения высоты ПВМ в качестве средства мониторинга работоспособности во время спринтерских тренировок и для количественного определения механического и метаболического утомления. Однако возможность экстраполяции этих результатов на нервно-мышечные (СМЖ) и метаболические (lactate) реакции, проявляющиеся во время тренировок бегунов на длинные дистанции, оставалась до сих пор неясной. Вместе с тем нервно-мышечное напряжение не проявляет связи с метаболическим стрессом при выполнении различных протоколов беговых тестов бегунами на длинные дистанции. Поэтому применение снижение показателя СМЖ в качестве средства мониторинга метаболического стресса во время тренировок выносливости представляется нецелесообразным для данных спортсменов [142].

García-Pinillos F. с соав. [142] указывают на недостаточную чувствительность метода, основанного на использовании показателя СМЖ в качестве показателя внутренней нагрузки во время тренировок бегунов на длинные дистанции. При этом не следует использовать этот показатель нервно-мышечного утомления для регулирования внешних тренировочных нагрузок у данных спортсменов. Вместе с тем, мониторинг значений СМЖ отражает изменение баланса между снижением и повышением работоспособности во время тренировок по бегу и позволяет отслеживать долговременные реакций адаптации к тренировкам у бегунов на длинные

Таблица 26 – Систематизированные данные взаимосвязи показателя нервно-мышечного напряжения (высота прыжка вверх с приседом (СМЖ)) и метаболического стресса во время выполнения различных протоколов тренировок бегунов на длинные дистанции [140], [142]

Протоколы проведения тренировок	Результаты исследования
5×200 м с 4-минутными интервалами отдыха	Статистически значимая отрицательная зависимость была выявлена между индивидуальными показателями высоты прыжка и концентрацией лактата в крови.
Интервальная тренировка по бегу: 4×(3 × 400 м) с 1 мин отдыха между забегами и 3 мин между подходами	Корреляционный/ассоциативный анализ между нервно-мышечными и метаболическими показателями не проводился. После выполнения протокола интервальной тренировки было зарегистрировано улучшение высоты СМЖ на 7,89%, несмотря на накопление высокой КЛК (13,8 ммоль/л) и высокую ОИВН (18 баллов).
Две разных интервальных тренировки: 10×400 м с 90 с восстановления; 40×100 м с 30 с восстановления.	Корреляционный/ассоциативный анализ между нервно-мышечными и метаболическими показателями не проводился. После выполнения протоколов интервальных тренировок было зарегистрировано улучшение высоты СМЖ на 5,18%, несмотря на высокие уровни КЛК (12,9 ммоль/л) и ОИВН (16 баллов).
6 интервальных тренировок: 3×60 м с 4 мин восстановления + 3 х 80 м с 6 мин восстановления + 3 х 100 м с 8 мин восстановления; 6×100 м с 5 мин восстановления; 8×200 м с 3 мин восстановления; 6×300 м с 6 мин восстановления; 3×(3 × 300 м) с 4 мин между забегами и 8 мин между подходами; 12×300 м с 3 мин восстановления.	Статистически значимая криволинейная зависимость между КЛК и КАК и высотой прыжка.
Спринтерская интервальная тренировка: бег с максимальной скоростью на 40 м с 4 мин восстановления до снижения результативности на 3%	Обратная зависимость между высотой СМЖ и метаболическими параметрами (КЛК и концентрация аммиака в крови).
Три разных вида беговых тестов: Многоступенчатый нагрузочный тест до отказа; 40 мин непрерывного бега при 80% МПК; 40-минутный прерывистый бег (2 мин бега при 100% МПК и 2 мин ходьбы).	После выполнения протоколов беговых тестов было зарегистрировано улучшение высоты СМЖ (+8-14%), несмотря на высокие уровни КЛК (-11 ммоль/л, -4 ммоль/л и -7 ммоль/л для трех упомянутых протоколов, соответственно)

Примечания

- 1 КЛК – Концентрация лактата в крови.
- 2 СМЖ – Прыжок вверх с места.
- 3 ОИВН – Оценка индивидуального (субъективного) восприятия нагрузки.
- 4 МПК – Максимальное потребление кислорода.

дистанции. Например, если бегун во время последующих тренировок прыгает выше при одной и той же нагрузке – это означает меньшее утомление или высокую постактивационную потенциация результативности, как положительные долговременные реакций адаптации организма к данной нагрузке [142].

Специальные портативные приборы, например, акселерометры, инерциальные датчики и стельки для обуви с динамометрическими датчиками, обеспечивают регистрацию параметров техники бега (например, частоту шагов и длину шага, продолжительность контакта с опорой). Эти приборы позволяют получить важную информацию о внешних нагрузках нижних конечностей во время бега. Традиционные параметры внешней тренировочной нагрузки, например, дистанция бега, продолжительность (и скорость, также отслеживаются во время подготовительных и соревновательных периодов с помощью специальных мониторов в форме наручных часов, поддерживающих технологий глобального позиционирования (GPS). Бегуны самостоятельно регулируют частоту и длину своего шага для поддержания постоянной скорости бега или повышения скорости на определенных отрезках дистанции. Квалифицированные бегуны используют частоту и длину шагов, близкую к оптимальным значениям, по сравнению с неквалифицированные бегунами. При этом бегуны высокой квалификации могут изменять свою длину шага в определенном диапазоне (от произвольной оптимальной длины шага, а также в пределах минус 3%), не увеличивая энергетических затрат. Эти изменения с достаточной точностью регистрируются с помощью портативных приборов [145]. Однако точность оценки кинематики бега с помощью портативных приборов ограничена в основном наличием большого количества электронных и радио помех («шумов») и колебаний точки начала измерения [146]. При этом повышение точности требует использования огромного массива данных от инерциальных измерительных блоков и применение методов машинного обучения. Таким образом регистрация основных

параметров кинематики бега с помощью портативных приборов осуществляется с достаточной точностью, но требует применения новых вычислительных систем, которые на данный момент еще недоступны для массового использования. Вместе с тем использование показателей частоты сердечных сокращений и частоты/длины шагов, полученных с помощью портативных приборов, позволяет определить доминирующую стратегию бегуна, а также уровень достижения оптимизации данных параметров [147]. У квалифицированных бегунов выявление оптимальной для них частоты шагов может обеспечить потенциальное снижение метаболических затрат примерно на 3 мл O_2 /кг/км. Сертифицированные портативные приборы позволяют выполнять в режиме реального времени и в полевых условиях измерения частоты шагов и скорости бега, сопоставимые по точности с результатами измерений, проводимых с применением систем видеозахвата движений. Современные научные достижения в этой области свидетельствуют о том, что точное отслеживание тренировочных нагрузок в полевых условиях на уровне костно-мышечных тканей, например, сил, действующих на большеберцовую кость или ахиллово сухожилие, в настоящее время не может быть осуществлено путем применения одних только портативных приборов. Стремительное развитие технологий портативных приборов способствует появлению на рынке различных средств измерения новых параметров. Однако эти параметры не всегда подтверждены доказательными данными и могут оказаться недостаточно эффективными для количественного определения рабочей нагрузки.

Moore I.S. с соав. [145] разработали следующие рекомендации для портативных приборов, предназначенных для измерения информативных показателей тренировочной нагрузки: регистрация параметров, характеризующих физическую активность; расчет оптимальной частоты и длины шага; оценка уровней восприятия боли; количественное определение нагрузки на основные анатомические структуры организма бегуна. При этом для получения обобщенной информации о внешней рабочей нагрузки

бегунов данные от портативных приборов должны быть проанализированы соответствующими вычислительными алгоритмами. В настоящее время в фокусе внимания при определении тренировочных нагрузок находится весь организм спортсмена в целом, а не его специфические анатомические структуры. Необходимо применение комбинации методов моделирования скелетных мышечных систем и портативных приборов для обеспечения оценки внутренних нагрузок на уровне тканей организма. Разработка моделей катаболических или анаболических реакций тканей на нагрузки (позволит предоставить точное руководство для часто травмирующихся и проходящих реабилитацию бегунов [145]).

2.3 Медико-биологические аспекты в подготовке бегунов

Роль дыхательных мышц во время физических нагрузок и снижение работоспособности в результате их утомления хорошо известны. Такие процессы наблюдаются при высоких нагрузках на дыхательные мышцы. Silarabanleng, S. с соав. [148] указывают на снижение максимального давления вдоха после бега на короткие, средние и длинные дистанции, за исключением дистанции 1500 м, однако, данные различия не достигали уровня статистической значимости. Снижение силы инспираторных мышц (осуществляющих вдох) наблюдалось также почти на всех беговых дистанциях (кроме дистанции 1500 м). Особенно это проявлялось при кратковременных физических нагрузках на дистанциях 400 м и 800 м и продолжительных физических нагрузках, таких как марафон. В то же время наблюдается значительное снижение показателей максимального давления выдоха и силы экспираторных мышц (осуществляющих выдох) после бега на дистанции 400 м и 5000. Обычно экспираторные мышцы не используются в состоянии покоя, но активируются в ответ на физическую нагрузку, и сокращение этих мышц становится более сильным при высокой интенсивности нагрузки. Более того, в экспираторных мышцах было продемонстрировано действие метаболического рефлекса, который служит причиной сужения сосудов, вызывающего ограничение кровотока и снижение

работоспособности. Таким образом, утомление экспираторных мышц вызывает сходные реакции, наблюдаемым при утомлении инспираторных мышц. Утомление экспираторных мышц наиболее заметно проявляется на беговых дистанциях 400 м и 5000 м. При кратковременных физических нагрузках экспираторные мышцы выполняют функцию дыхательных мышц и мышц, стабилизирующих туловище (core), и это приводит к их быстрому утомлению. Диафрагма осуществляет контроль поструральной устойчивости во время быстрых волевых движений конечностей, что также приводит к утомления инспираторных мышц после кратковременного бега. При этом снижение форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) наблюдается на дистанциях 100 м, 800 м, 1500 м и 10000 м, а снижение ФЖЕЛ вдоха (FIVC) отмечается на дистанциях 100 м и 800 м связано с утомлением мышц диафрагмы [148].

Особый интерес вызывает статистически значимая корреляция между изменением показателей максимального давления выдоха и максимальной частотой дыхания. В результате бега на дистанции 5000 м отмечаются самые высокие показатели максимальной и средней частоты дыхания, и статистически значимая корреляция между изменением максимального давления выдоха и максимальной частотой дыхания. Таким образом, частота дыхания во время бега является одним из факторов развитие утомления экспираторных мышц (осуществляющих выдох). При этом утомление экспираторных мышц после бега на короткие дистанции обусловлено необходимостью совмещения ими функций дыхательных мышц и мышц стабилизации туловища во время бега. В то же время утомление этих мышц при беге на длинные дистанции связано с многократным сокращением, продолжающимся длительный период в ходе всей дистанции [148].

В беге на короткие дистанции более эффективным являются резистивных тренировок дыхательных мышц, а в беге на длинные дистанции более целесообразно использовать тренировки на выносливость дыхательных мышц. Таким образом дополнительные тренировки экспираторных мышц

способствуют повышению работоспособности и результативности соревновательной деятельности бегунов. При этом следует отдавать предпочтение упражнениям с сопротивлением дыхания, в том числе с ограничением внешнего воздушного потока. Также эффективны тренировки выносливости с произвольным изокапническим гиперпноэ (ВИН), которое предполагает поддержания высокого целевого уровня вентиляции легких в течение 30 минут [148].

2.4 Психологические аспекты в подготовке бегунов

Несмотря на то, что на фазу старта приходится небольшой процент времени, только 5% общего времени дистанции 100 м, она является одним из определяющих компонентов спринта. Успешно выполненный старт играет важную роль в развитии достаточного ускорения, оптимизации длины шага и достижении победы над соперниками [149]. При этом, чем короче дистанция, тем больше старта влияет на результат спринта. Выполнение быстрого старта также обеспечивают некоторое психологическое преимущество над соперниками на соревнованиях. Традиционно для повышения эффективности спринта используют программы плиометрических тренировок, тренировки на развитие взрывной силы, например толкание и волочение нагруженных саней и тренировки с утяжелителями для ног.

Вместе с тем в последнее время вызывает интерес изучение «фокуса внимания» в качестве фактора результативности в спринте. Фокус внимания представляет собой произвольный акт концентрации внимания на выполнение необходимого двигательного действия. При этом выделяют внутренний фокус (internal focus) – концентрацию внимания на движениях тела (например, фраза: «Сконцентрируйся на взрывном движении ног») и внешний фокус (external focus) – концентрацию на ожидаемом результате движений (например, фраза: «Сконцентрируйся на взрывном отталкивании от опоры»). Оба данных фокуса направлены на развитии выходной мощности в результате применения взрывной движущей силы, но при этом внутренний фокус направлен на движение тела (приложение силы с помощью ног), а

внешний фокус подчеркивает эффект от выполняемого движения (приложение силы к опоре) [150].

Результаты научных исследований указывают, что даже небольшое различие в вербальных сигналах является достаточным для развития различных поведенческих эффектов в спринте. Спортсмены под влиянием вербальных стимулов внешнего фокуса внимания, показывают лучшие результаты в спринте по сравнению с теми, у которых был активирован внутренний фокус внимания. Например, спортсмены демонстрировали более высокую эффективность выполнения старта при концентрации их внимания на взрывном отталкивании от стартового блока (внешний фокус) по сравнению с акцентом внимания на взрывном отталкивании ногами (внутренний фокус). При этом применение внешнего фокуса внимания обеспечивает преимущества при выполнении не только спринта, но и обеспечивало более высокую эффективность других двигательных действий.

Li D. с соав. [150] установили, что применение внешнего фокуса внимания оказывало небольшое положительное влияние на результативность в спринте по сравнению с внутренним фокусом внимания. При этом эффект усиливался среди спринтеров более низкой квалификации. Высококвалифицированные спортсмены уже обладают высоким уровнем результативности, потому дополнительное стимулирование концентрации внимания оказывает на них меньшее влияние.

Когда фокус внимания направлен на внешние объекты система двигательного контроля работает в условиях неосознаваемых автоматических процессов, что приводит в результате к выполнению рефлекторных движений и более высокой их эффективности. Напротив, если внимание сфокусировано на внутренних объектах тела, то функционирование системы двигательного контроля сдерживается сознательно регулируемые процессами, что приводит к сокращению количества автоматизированных двигательных моделей.

Недавно разработанный механизм взаимосвязи «цель-действие» в

рамках «Оптимальной теории моторного обучения» (Optimal theory), отражает нервно-мышечные изменения в условиях применения внешнего фокуса внимания и объясняет достигаемые преимущества [151]. Для достижения эффекта от применения внешнего фокуса внимания, необходим определенный уровень сложности выполняемого задания, то есть оно должно представлять собой вызов для спортсмена. Если данное задание уже выполняется им автоматически, то существует более низкая вероятность проявления эффекта от применения внешнего фокуса внимания.

Обладающие большим опытом спортсмены обычно извлекают и обобщают информацию из предлагаемых им инструкций, формируя свое собственное субъективное мнение. В результате высококвалифицированные спортсмены зачастую могут возвращаться к естественному для них фокусу внимания, консолидированному и автоматизированному после многих лет практики и самостоятельно выбирать элементы фокуса внимания для достижению поставленной цели независимо от внешних инструкций.

Тренерам и спортсменам следует учитывать преимущества, связанного с применением внешнего фокуса внимания при выполнении спринтов, и практиковать эту психологическую технику во время тренировок и соревнований в целях повышения результативности соревновательной деятельности. Кроме того существуют три ключевые характеристики внешнего фокуса внимания (т.е., расстояние, направление и описание), которые оказывают влияние на эффективность данного процесса. Поэтому использующим эту методику тренерам рекомендуется учитывать расстояние, направление и описание внешнего фокуса внимания и предоставлять спортсменам инструкции, разработанные с учетом их индивидуальных особенностей (таблица 27) [150].

Спортсмены в дисциплинах бега на длинные дистанции сталкиваются с внешними факторами, например, изменения погодных условий, механические повреждения, внезапная боль или дискомфорт, которые отражаются на их психическом или физическом состоянии, и в итоге на

работоспособности и результативности соревновательной деятельности [152]. Спортсмены-стайеры отличаются от спринтеров и силовых атлетов как по характеру их метаболической адаптации, так и по психологическому механизму, определяющему эффективность их спортивной деятельности [153], [154].

Таблица 27 – Вербальные инструкции для бегунов [150]

Вербальная инструкция
<p>Внешний фокус: «Сфокусируйтесь на загребании кроссовкой назад в момент ее опускания на опору при каждом шаге» Внутренний фокус: «Сфокусируйтесь на оттягивании ноги назад сразу перед каждым контактом с опорой»</p>
<p>Внешний фокус: «Отрывайтесь от стартового блока как можно быстрее, устремляйтесь к финишной линии с максимальной скоростью и пересекайте ее как можно скорее» Внутренний фокус: «Быстрым рывком поднимитесь на ноги и продолжайте бежать как можно быстрее, двигая обеими руками вперед-назад и быстро поднимая колени»</p>
<p>Внешний фокус: «Сфокусируйтесь на отталкивании от стартового блока» Внутренний фокус: «Сфокусируйтесь на разгибании колен»</p>
<p>Внешний фокус: «При беге на 20 ярдов с максимальным усилием сфокусируйтесь на постепенном подъеме вверх. Также сфокусируйтесь на мощном движении вперед, касаясь пола как можно быстрее» Внутренний фокус: «При беге на 20 ярдов с максимальным усилием сфокусируйтесь на постепенном подъеме уровня тела. Также сфокусируйтесь на мощном движении одной ноги вперед, одновременно двигая другую ногу вниз и назад как можно быстрее»</p>
<p>Внешний фокус: «Когда вы бежите спринт на 20 м, сфокусируйтесь на максимально мощном движении вперед, касаясь пола кроссовкой как можно быстрее по мере ускорения» Внутренний фокус: «Когда вы бежите спринт на 20 м, сфокусируйтесь на как можно более мощном движении одной ноги вперед, одновременно двигая другую ногу вниз и назад как можно быстрее по мере ускорения»</p>
<p>Внешний фокус: «Сфокусируйтесь на отталкивании от опоры сзади с максимально быстрым взрывным усилием» Внутренний фокус: «Сфокусируйтесь на отталкивании задней ногой от опоры с максимально быстрым взрывным усилием»</p>

В современной научной литературе отмечается важность психологических показателей черт личности, психического состояния, самооффективности, внутренней мотивации, управления стрессом и тревогой, целеустремленности. Соревнующиеся на длинных дистанциях спортсмены (стайеры) также должны обладать повышенным уровнем самоконтроля, который связан со способностью к управлению вниманием,

эмоциями и поведением. Еще одной чертой личности, связанной с успехом соревновательной деятельности спортсменов-стайеров, является их психологическая резилентность («resilience» - упругость, эластичность) – врожденное динамическое свойство личности, лежащее в основе способности преодолевать стрессы и трудные периоды конструктивным путем). Бегуны-стайеры проявляют более высокий уровень развития следующих показателей резилентности: упорство, решительность и толерантность к негативным воздействиям (стресс, дискомфорт и физическую боль), которые они сознательно готовы терпеть [155], [156].

В контексте спортивной деятельности психологическая резилентность рассматривается как способность спортсмена правильно оценивать, когда и как следует применять и оптимизировать свои стратегии преодоления стресса (коупинг), чтобы противостоять стрессовым ситуациям. Эта способность является фундаментом для достижения высоких результатов. Резилентность обеспечивает способность к осознанию собственных ограничений. В состоянии фрустрации (разочарования) резилентные спортсмены не утрачивают надежду, характеризуются высокой самоэффективностью, сохраняют контроль над своим поведением в сложных ситуациях [157]. Резилентность спортсменов позитивно связана с удовлетворением базовых психологических потребностей (БПП). Удовлетворение потребностей в автономии, компетентности и взаимосвязи с другими людьми представляют собой три базовые психологические потребности, лежащие в основе самоопределения, увеличивают внутренние ресурсы, характеризующие резилентность спортсменов, а обладание независимыми ценностями и представлениями оказывает положительное влияние на связанные с резилентностью процессы. К составным компонентам режимов саморегуляции спортсменов относятся фокус внимания на поставленной цели (направленной на стимулирование/продвижение или предотвращение/профилактику) и концентрация. Способность фокусировать свое внимание на поставленной

цели принадлежит к важным аспектам резилентности лучших спортсменов международного класса [158].

Психологическая резилентность представляет собой динамический процесс, который развивается с течением времени. Согласно модели Ричардсона (2002) психическое равновесие постоянно находится в состоянии риска нарушения под влиянием стрессовых ситуаций, соперничества и других форм изменения. После того как равновесие оказывается нарушенным, наступает первая фаза процесса развития резилентности (деструкция - разрушение), которая выражается во взаимодействии между событиями, вызывающими стресс, и факторами защиты, при этом последние помогают спортсменам встречать трудности лицом к лицу и сохранять состояние гомеостаза. Эта фаза характеризуется проявлением таких чувств, как вина, страх, растерянность, смущение и замешательство – эмоции, которые являются причиной снижения веры в себя или неспособности развить в себе навыки и умения, необходимые для того, чтобы справиться с возникшим изменением. После первой фазы начинается вторая (реинтеграция – восстановление), во время которой каждым спортсменом принимается решение, сознательно или бессознательно, о том, какой тип восстановления он будет использовать. Существует четыре варианта реинтеграции: резилентная реинтеграция (преодоление стресса, в ходе которого происходит личностный рост, познание, самопонимание и развитие резилентных характеристик); гомеостатическая реинтеграция (приводящая к исходному гомеостазу, при котором отсутствует личностный рост спортсмена и развитие его резилентных характеристик); реинтеграция с потерей (резилентных качеств) (человек утрачивает мотивацию и сдается); дисфункциональная реинтеграция (при которой спортсмены прибегают к наркотикам, демонстрируют деструктивное поведение или используют другие разрушающие личность способы преодоления стресса). Отсутствие резилентной реинтеграции увеличивает вероятность того, что ожидаемые или непредвиденные неприятные события превратятся в факторы риска,

делая человека, которому не удалось развить в себе резилентные качества, еще более уязвимым к их воздействию. В требующих выносливости циклических видах спорта существует настоятельная потребность в решении важной и деликатной задачи физического и психического восстановления (реинтеграции).

Diotaiuti P. с соав. [156] представили Модель «гомеостатической» и «резилентной реинтеграции», в которой удовлетворение потребностей в автономии и компетентности, а также уровень развития «локомоции» (способность спортсмена шаг за шагом продвигаться к поставленной цели вплоть до ее достижения) являются факторами прогнозирования главных компонентов резилентности по теории Ричардсона: гомеостаза и резилентной реинтеграции. В ходе ее применения была обнаружена прогностическая зависимость между удовлетворением базовых психологических потребностей (БПП), режимами саморегуляции (РСР) и резилентностью бегуна-стайера. В частности, среди анализируемых РСР было выявлено статистически значимое влияние режима локомоции, а среди БПП удовлетворения потребностей в автономии и компетентности на психологическое восстановление спортсмена (резилентное или гомеостатическое). Прогностическим фактором «резилентной реинтеграция», характеризуемой как подлинный процесс личностного роста и формирования знаний об окружающем мире, самопознания и способности к преодолению стресса, то есть, резилентности, является режим «локомоции». «Локомоция» является важным элементом расширения возможностей и прогностическим фактором положительного влияния, способствующим увеличению эффективности процесса развития резилентности. Прогностическим фактором «гомеостатической реинтеграции», определяющей способность к возврату к предшествующей стрессу ситуации и состоянию психического и физического равновесия, является удовлетворение потребности в компетенции. Потребность в компетентности у бегунов проявляется в стремлении к владению ситуацией, переживанию положительных эмоций от

сознания эффективности своей деятельности и контролированию процесса достижения желаемых результатов. Также имеются сведения, что удовлетворение потребности в автономии, то есть еще одной базовой психологической потребности, способствует повышению восприятия компетентности. Предлагаемая Diotaiuti, P. с соав. [156] модель позволяет обнаружить обратную зависимость между автономией и компетентностью, то есть удовлетворение потребности в компетентности оказывает влияние на автономию. По мере того как спортсмен все больше ощущает свою компетентность, его потребность в автономии возрастает, что способствует развитию у него способности к «резилентной реинтеграции» благодаря сильной ориентации на достижение поставленной цели («локомоции»). Таким образом, повышение эффективности бега реализуются через удовлетворение потребности в автономии [159]. Полученные Diotaiuti, P. с соав. [156] результаты указывают на косвенное воздействие потребности в автономии на резилентное восстановление (путем стимулирования режима «локомоции»). Повышенная автономия, поддержка и вовлеченность спортсмена в учебно-тренировочный процесс, а также укрепление их личной мотивации позволяет защитить от негативного влияния факторов стресса и значительно увеличить их психологическую устойчивость и резилентность. «Гомеостатическая реинтеграция» усиливает положительное влияние резилентной реинтеграции. Это обусловлено накоплением опыта и обучением: повторное успешное преодоление трудных моментов и кризисов с течением времени приводит к изменению отношения к ним у спортсмена, и он начинает воспринимать их скорее как стимулы к дальнейшему личностному росту и приобретению полезного опыта, чем как источники опасности и риска.

Необходимо учитывать, что желание ощутить собственную компетентность и продемонстрировать ее окружающим является мощным средством мотивации для спортсмена, побуждая его к систематическому выполнению все более напряженных тренировок. Спортсмены чувствуют

себя мотивированными (и действуют соответственным образом), когда они считают себя обладающими достаточной компетентностью для того, чтобы соответствовать требованиям поставленной перед ними задачи и при этом ощущать себя способными к выполнению работы независимо от других. К рекомендациям по использованию факторов мотивации к участию в тренировках и соревнованиях относятся: применение индивидуального подхода при определении целей и задач; выделение среди них наиболее значимых целей и задач; четкое определение сроков их выполнения, в том числе с точки зрения долгосрочной перспективы; обращение приоритетного внимания на повышение эффективности спортивной деятельности, а не на достижение сиюминутных результатов. Однако при этом спортсмены должны чувствовать ответственность за результативность своей соревновательной деятельности и уметь правильно оценивать как положительные, так и отрицательные результаты. Таким способом они приобретут чувство способности контролировать свои спортивные достижения путем проведения соответствующих тренировок по специальной и общей физической подготовке.

Следует отметить, важную роль стимулирования у бегунов-стайеров удовлетворения потребностей в автономии и компетентности как основных факторов, определяющих целеустремленность, своевременное восстановление и психофизическое равновесие. Это также важно с точки зрения упреждающего развития и совершенствования резилентности у спортсменов в требующих выносливости дисциплинах и разработки планов проведения экспериментов, направленных на повышение уровня осознания спортсменами их предыдущего опыта и более активное их участие в выборе стратегий, регулирующих их деятельность в процессе подготовки и во время соревнований [156].

2.5 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в легкой атлетике (беговые дисциплины)

Современные тенденции совершенствования тренировки бегунов.

Главной задачей тренировок в беге на длинные дистанции (БДД) является улучшение трех основных показателей работоспособности: максимального потребления кислорода (МПК), определяющего максимальное количество и скорость поглощения и утилизации кислорода организмом); фракционного потребления («fractional utilization») – способность переносить высокие значения МПК во время бега; экономичности бега – минимальное потребление кислорода (ПК) в устойчивом (стабильном) состоянии при заданной субмаксимальной скорости или ПК на единицу дистанции). Эти показатели отражают способность к ресинтезу аденозинтрифосфата (АТФ) аэробным путем и преобразованию мышечной работы в мощность/скорость бега. Лактатный порог (ЛП); скорость при ЛП; минимальная скорость, необходимая для достижения МПК – также определяют показатели работоспособности в беге на средние и длинные дистанции. При этом повышение результативности в беге на средние и длинные дистанции связано с повышением одного или нескольких этих показателей в ответ на тренировочный стимул. Бегуны мирового класса демонстрируют различные оптимальные комбинации значений этих показателей, при этом «приемлемое значение» одного показателя может компенсироваться чрезвычайно высокими величинами других показателей. При этом выделяется еще один показатель работоспособности – соотношение нервно-мышечной мощности и анаэробных возможностей, который играет важную роль на конечном решающем этапе забега, определяя успех применяемой в ходе забега тактики. Некоторые исследователи предлагают также учитывать такой показатель результативности как – устойчивость к развитию утомления, связанную с развитием специфических реакций адаптации, замедляющих процесс снижения функционирования и утомления мышц и обеспечивающих сохранение темпа гонки на протяжении последних 7-10 км марафона во время соревнований элитного уровня.

Характеризуя периодизацию тренировок и расписания соревнований,

необходимо отметить, что ведущие спортсмены и работающие с ними специалисты обычно подразделяют тренировочный год (макроцикл) на четко разграниченные фазы (мезо- и микроциклы), обеспечивающие выход на пик спортивной формы перед главными соревнованиями. Макроцикл бегунов на длинные дистанции, участвующих в легкоатлетических соревнованиях на беговых дорожках стадионов (легкоатлетов-стайеров), обычно включает три фазы: подготовительный период, соревновательный период и переходный период. Переходный период начинается сразу после завершения соревновательного сезона и обычно предусматривает одну-две недели отдыха или восстановительных тренировок и низкоинтенсивного бега, хотя некоторые спортсмены полностью прекращают свою спортивную деятельность на срок до 4 недель. Подготовительный период обычно подразделяется на периоды общей и специальной подготовки. Во время периода общей подготовки основное внимание уделяется высокообъемным тренировкам, направленным на создание базовых аэробных способностей для дальнейшей спортивной подготовки. В специальном периоде подготовки акцент постепенно смещается к преимущественному применению более высокого объема специальных тренировок с интенсивностью на уровне соревновательного темпа.

В то время как модель Л.П. Матвеева предусматривает значительное смещение фокуса внимания от объема к интенсивности по мере приближения соревновательного периода, большинство современных легкоатлетов-стайеров сохраняют высокий объем тренировок ниже анаэробного порога в течение подготовительного и соревновательного периодов и стремятся ограничить тренировки в соревновательном темпе или не вводить их слишком рано в свой годовой тренировочный цикл.

Некоторые легкоатлеты-стайеры используют двойную периодизацию (две фазы выхода на пик спортивной формы), которая включает фазу подготовки, затем сезон соревнований внутри страны или с отдельными странами, снова фазу подготовки и, наконец, сезон главных международных

соревнований (продолжающийся обычно в течение 3-4 месяцев с мая по сентябрь включительно). Однако большинство легкоатлетов-стайеров мирового класса используют одноцикловую периодизацию. Они могут участвовать во внутренних соревнованиях или в соревнованиях между отдельными странами во время подготовительного периода, но при этом они используют данные соревнования как часть своего тренировочного процесса. Таким образом современные бегуны участвуют до 9 ежегодных соревнований, из которых около 6 представляют собой международные турниры, предшествующие Олимпийским играм или чемпионату мира.

Бегуны-марафонцы применяют другие модели периодизации своих тренировок в течение года. Они участвуют до 6 соревнований в течение своего самого успешного года, что примерно на 50% меньше чем легкоатлеты-стайеры. Марафонцы обычно используют двойную периодизацию, главной задачей которой является выведение спортсменов на пик их формы перед весенним и осенним марафонами, после которых в течение 7-14 дней тренировки либо полностью прекращаются, либо проводятся в очень легкой форме. Предшествующие главным марафонам 5-6 месяцев обычно подразделяются на этапы общей и специальной подготовки. В течение всего периода подготовки акцент постепенно смещается от применения высокого общего объема беговых тренировок к увеличению объема бега в соревновательном темпе или близком к нему. Во втором случае увеличение объема достигается либо путем постепенного увеличения общей продолжительности тренировок в целевом темпе, либо использования высокого объема интенсивных тренировок и последующего медленного увеличения темпа бега. Некоторые марафонцы даже используют модель обратной линейной периодизации, когда наиболее высокие объемы бега применяются в течение последних недель, которые предшествуют фазе подводки перед соревнованием.

Основные современные методы специальных тренировок в БДД включают разные формы продолжительного непрерывного бега и

интервальных тренировок: разминка/заминка, легкая пробежка; длительный бег; бег по холмам; пороговый бег (также называется темповым бегом); фартлек; прогрессивный длительный бег; интервальные тренировки (пороговые; интервалы (также называемые темповыми интервалами); МПК-интервалы; тренировки толерантности (переносимости) к лактату; повторения бега по холмам); тренировки скорости (спринты)

Совокупный эффект от высокой частоты и объема низкоинтенсивных тренировок (НИТ) (например, «легкий бег» («легкие пробежки»)) считается важным стимулом для развития периферических механизмов адаптации (например, улучшение эффективности митохондриального биогенеза и повышение плотности капилляров в скелетных мышцах). Большой совокупный объем низкоинтенсивных беговых упражнений является характерным признаком тренировок спортсменов с высокой экономичностью бега. При этом непрерывный бег наиболее эффективен для стимулирования соответствующих механизмов адаптации. Предполагается, что высокие объемы НИТ обеспечивают более эффективную нейронную самосинхронизацию, меньшую изменчивость движений и снижение затрат энергии при выполнении движений. По сравнению с высокой частотой применения низкоинтенсивных тренировок, высокоинтенсивные тренировки (ВИТ) в большей степени стимулируют развитие центральных механизмов адаптации (например, увеличение ударного объема сердца). Однако у высококвалифицированных спортсменов, которые выполняют высокий общий объем тренировок, дальнейшее повышение МПК после периодов усиленного применения ВИТ не наблюдается на постоянной основе. В последнее время увеличивается количество научных данных, свидетельствующих о том, что ВИТ лучше стимулируют периферические механизмы адаптации мотонейронов в быстро сокращающихся волокнах рабочих мышц посредством метаболического пути сигнализации, приводящего к синтезу аденозинмонофосфата (АМФ). В сумме ВИТ и НИТ вызывают комплексную последовательность перекрывающихся и

дополняющих друг друга реакций адаптации.

В течение последних пяти десятилетий тренировочный процесс большинства успешных бегунов на длинные дистанции основан на применении 2-3 интервальных тренировок в неделю, длительного бега раз в неделю, а остальное время посвящается максимально возможным объемам НИТ. Однако, в то время как интервальные тренировки считаются ключевыми у легкоатлетов-стайеров, основное внимание марафонцев уделяется еженедельным длительным забегам.

При этом необходимо учитывать, что бег может осуществляться в течение меньшего общего тренировочного времени по сравнению с другими видами циклической двигательной активности, что связано с более высокими механическими и баллистическими нагрузками. Поэтому учеными высказываются предположение, что «перекрестные» тренировки (альтернативные виды двигательной активности, например, плавание, велотренировки, бег на лыжах и упражнения на эллиптических тренажерах, должны применяться высококвалифицированными бегунами на длинные дистанции в большем объеме для обеспечения аналогичного тренировочного стимула, необходимого для развития центральных и периферических механизмов адаптации, обеспечивая меньшие механические нагрузки на мышцы. Дополнительные менее специфические формы тренировок используются в меньшем объеме (по сравнению с дозировкой специальных беговых тренировок) и обычно применяются в виде определенных комбинаций следующих типов тренировок: силовых тренировок с использованием свободных весов или приспособлений (приседания, подъемы на грудь, выпады, шаги на степе, жим ногами и т.п.) без эффекта чрезмерной гипертрофии; круговых тренировок с применением упражнений с отягощением весом собственного тела; тренировок по развитию силы/стабильности мышц туловища («core») (например, подъемом тела к согнутым ногам и упражнения для спины); плиометрических тренировок в форме вертикальных и горизонтальных многократных прыжков на траве,

наклонных поверхностях, ступеньках, холмах (напр., длинные и короткие скачки, прыжки из приседа) или перепрыгиваний через предметы или барьеры. При этом целесообразно использовать большее количество силовых тренировок, тренировок мощности и плиометрических тренировок в начале и до середины подготовительного периода (примерно два раза в неделю), а в соревновательном периоде – один раз в неделю или полностью исключить.

В отношении объема тренировок бегунов на длинные дистанции существуют сведения, что большинство мировых лидеров в марафоне тренируются 500-700 ч в год, а объем тренировок специализирующихся на длинных дистанциях бегунов-легкоатлетов варьирует в пределах от 450 до 600 ч в год. Такие широкие границы тренировочного объема объясняются индивидуальными различиями переносимости механических тренировочных нагрузок.

В настоящее время большинство бегунов применяют тренировочные режимы, включающие от двух до пяти интервальных тренировок в неделю и/или более продолжительных тренировок по темповому бегу в сочетании с высокообъемными непрерывными беговыми упражнениями легкой и средней интенсивности нагрузки. При этом успешные бегуны на средние и длинные дистанции обычно преодолевают 120-250 км в неделю за 11-18 тренировок, соответственно.

Современные бегуны элитного уровня повышают свой общий объем тренировок постепенно в течение первых 8-12 недель макроцикла. Так во время первой тренировочной недели на тренировки по бегу приходится примерно 40-60% их максимального недельного объема, затем их объем увеличивается примерно на 5-15 км каждую неделю до достижения максимального объема. Во время начальной фазы макроцикла постепенное повышение объема достигается главным образом за счет увеличения частоты тренировок, после чего дальнейшее повышение объема обеспечивается за счет увеличения продолжительности отдельных тренировок. На данный момент очень мало современных бегунов элитного уровня применяют общий

тренировочный объем менее 100 км/неделю, у большинства из них он превышает 160 км/неделю. При этом большой объем тренировок в зонах 2 и 3 проводится при высокой интенсивности (при $v_{ЛП2}$). Типичный недельный объем беговых тренировок в течение среднего периода подготовки составляет примерно 160-220 км для марафонцев и 130-190 км для легкоатлетов-стайеров. Этот объем распределяется на 11-14 тренировок. В обеих группах максимальный недельный объем может быть на 20-30 км выше, но только в течение коротких периодов (2-3 недель). При этом, чем меньше общий объем тренировок бегунов, тем более высокую долю в нем (25–30%) составляет бег в соревновательном или близком к соревновательному темпу. Тренировочный объем бегунов элитного уровня на длинные дистанции возрастает примерно на 8-10% в последние годы перед и в первые годы после достижения ими 20-летнего возраста, а затем слегка снижается и стабилизируется к 25 годам.

В этих условиях на передний план выходит процесс регулярного определения комбинации показателей внешней нагрузки, внутренней нагрузки и субъективного восприятия нагрузки. Такой комплексный подход обеспечивает полную картину интенсивности и более высокой информативности оцениваемого показателя интенсивности нагрузки. Таким образом, измерение показателей внутренней тренировочной нагрузки (например, КЛК) для контроля абсолютной интенсивности и достижения оптимального тренировочного стимула является перспективным способом проведения тренировок, который соответствует современным научным представлениям.

В настоящее время широко применяется анализ на основе определения двух контрольных точек на графике КЛК во время теста с постепенным увеличением физической нагрузки в лабораторных условиях. Первая точка соответствует первому лактатному порогу ($ЛП_1$), который получил название аэробного порога и обозначает верхний предел аэробного метаболизма. Интенсивность физических нагрузок ниже этого порога может

поддерживаться часами. Вторая точка или второй лактатный порог ($ЛП_2$), который также ассоциируется с максимальным устойчивым состоянием лактата (МУСЛ), характеризует равновесие между производством и утилизацией лактата во время непрерывной динамической работы.

Сегодня существуют как 3-зоновая, так и 7-зоновая модели интенсивности, основанные на времени/дистанции работы в заданных зонах, для оценки распределения интенсивности физических нагрузок во время тренировок. В зоне 1 скорость бега не вызывает превышение первого вентиляционного порога (уровень лактата 2 ммоль/л). В зоне 2 скорость бега инициирует изменения в пределах между первым и вторым вентиляционными порогами (уровни лактата от 2 ммоль/л ($vЛП_1$) до 4,5 ммоль/л ($vЛП_2$)). В Зоне 3 скорость бега не вызывает реакции выше $ЛП_2$. Однако данная классификация не позволяет точно определить границу между низко- и высокоинтенсивными тренировками в зоне 2, а также между разными уровнями интенсивности в зоне 3, используемые в ходе тренировок по развитию устойчивости (толерантности) к уровню лактата или во время спринтерских тренировок, при интенсивности, превышающей нагрузки на уровне МПК. При этом рядом ученых предлагается использовать модель интенсивности нагрузок с большим количеством зон: 6-зоновую и 7-зоновую.

Распределение интенсивности тренировок (РИТ) бегунов на длинные дистанции основано на применении следующих трех моделей: пирамидальная модель, которую характеризует большой объем НИТ в сочетании с малым объемом среднеинтенсивных тренировок (СрИТ) и еще меньшим объемом ВИТ; поляризованная модель, в которой такой же большой объем НИТ сочетается с меньшим объемом СрИТ и большим объемом ВИТ; пороговая модель, в рамках которой выполняется сравнительно более высокая доля тренировок в диапазоне пороговой интенсивности, обозначаемой предельными показателями первого ($ЛП_1/ВП_1$) и второго ($ЛП_2/ВП_2$) лактатного или вентиляционного порога. Таким

образом, пирамидальная модель характеризуется постепенным сокращением тренировочного объема от зоны 1 к зоне 2 и зоне 3, соответственно (70–80% объема приходится на зону 1, остальные 20–30% на зоны 2 и 3); поляризованная модель предусматривает выполнение примерно 80% тренировочного объема в зоне 1, при этом большая часть оставшихся 20% объема приходится на работу в зоне 3, и как можно меньше тренировок проводится в зоне 2; пороговая модель отличается наибольшей долей общего тренировочного объема, которая приходится на тренировки в зоне 2 (более 35%), по сравнению с другими моделями. При этом пирамидальная модель чаще применяется высококвалифицированными и элитными бегунами на средние и длинные дистанции

Наиболее устойчивая тенденция в распределении интенсивности тренировок бегунов на длинные дистанции элитного уровня заключается в том, что в течение тренировочного года большая часть преодолеваемой ими во время бега дистанции (более 80%) приходится на низкоинтенсивные тренировки, соответствующие зонам 1 и 2 (по 7-зонной модели). В свою очередь, большинство этих низкоинтенсивных тренировок выполняется в зоне 1, и продолжительность легких пробежек сохраняет высокую стабильность на протяжении тренировочного года. Поскольку бег в зоне 2 ближе по своей интенсивности к темпу марафона, марафонцы применяют большой объем бега в этой зоне интенсивности, особенно в течение периода специальной подготовки. Тренировки в зоне 3 составляют 5-15% общего объема беговых тренировок бегунов на длинные дистанции элитного уровня. Однако этот показатель может варьировать между мезо- и микроциклами.

Среди марафонцев наблюдается тенденция к выполнению большего объема тренировок в зоне 3, при приближении главного соревнования сезона. У легкоатлетов-стайеров присутствует противоположная организация интенсивности тренировок, так как они выполняют наибольшее количество тренировок в зоне 3 с начала до середины подготовительного периода и снижают их интенсивность с приближением соревновательного сезона.

Интервальные тренировки в зонах 4–5 также составляют 5–15% общего объема тренировок по бегу, но их процентная доля обратно пропорциональна проценту тренировок в зоне 3. При этом марафонцы выполняют большинство интервальных тренировок в зонах 4-5 с начала до середины подготовительного периода и потом заменяют эти тренировки на более продолжительную работу в зоне 3 и близкой к верхнему пределу части зоны 2 по мере приближения главного соревнования.

Напротив, легкоатлеты-стайеры с приближением соревновательного сезона увеличивают долю тренировок в зонах 4-5 за счет тренировок в зоне 3. В течение предсоревновательного и соревновательного периодов большинство бегунов мирового уровня, специализирующихся на дистанции 5000 м, выполняют 1-2 интервальные тренировки в неделю в зоне 6 или в комбинации с тренировками в зоне 5. С мая по август эти бегуны пробегают 10-20 км в неделю с интенсивностью, соответствующей зонам 5-6, в то время как марафонцы избегают тренировок лактатной/гликолитической направленности. Бегуны на длинные дистанции регулярно выполняют спринтерские тренировки (в зоне 7) в течение годового цикла подготовки, хотя их количество не превышает 1% их общего объема тренировок по бегу. Спринтерские тренировки направлены на решение дополнительных задач в рамках отдельных тренировок и обычно проводятся во время последней части разминки или после длительных легких пробежек.

Термин «подводка» обозначает четко выраженное сокращение общей тренировочной нагрузки перед важными соревнованиями. Общие научные рекомендации по эффективному применению подводки к соревнованию в требующих выносливости дисциплинах циклических видов спорта предусматривают период продолжительностью 2-3 недели, во время которого осуществляется постепенное нелинейное снижение тренировочного объема на 40–60% при сохранении интенсивности и частоты проведения тренировок. Однако на практике большинство бегунов на длинные дистанции не используют существенное сокращение тренировочного объема

вплоть до последних 7-10 дней перед соревнованием. Последнее соревнование перед главным соревнованием сезона марафонцев и легкоатлетов-стайеров проводится за 10 и 4 недели, соответственно. Спортсмены обычно прибывают к месту проведения чемпионата за 7-10 дней до соревнования. Последняя интенсивная тренировка (например, 10 × 200 м в соревновательном темпе с различными вариантами перерыва на восстановление) обычно выполняется за 3-5 дней до главного соревнования. Необходимо отметить, что многие спортсмены дополнительно используют более продолжительные периоды пребывания в условиях высоты в целях улучшения своей аэробной выносливости и тем самым работоспособности на уровне моря, главным образом, благодаря повышению массы эритроцитов.

Оптимальная комбинация низко- и высокоинтенсивных тренировок обычно достигается путем применения схемы «тяжелый день - легкий день», которая позволяет избежать монотонности во время тренировочного процесса и обеспечивает достаточный период восстановления. Данная специальная схема проведения тренировок широко применяется высококвалифицированными и элитными бегунами на средние и длинные дистанции.

Среди специалистов широким признанием пользуется тот факт, что лактатный метаболизм служит скорее позитивным показателем, чем вероятной причиной мышечного утомления, и существует высокая корреляция между накоплением лактата и уровнем работоспособности спортсменов, специализирующихся в дисциплинах на выносливость. Зависимость между интенсивностью/скоростью бега и КЛК широко применяется для прогнозирования и определения работоспособности бегунов на средние и длинные дистанции. После дополнительного включения одной еженедельной 20-минутной тренировки непрерывного бега со скоростью на уровне КЛК 4 ммоль/л (vOBLA) в обычный план подготовки бегунов, у спортсменов наблюдается увеличение vOBLA, а также снижение КЛК при той же скорости бега.

Существует порог в развитии мышечного утомления в зависимости от того выполняется ли упражнение с интенсивностью на уровне, ниже или выше ЛП2. Следовательно, бегуны на средние и длинные дистанции могут использовать небольшой объем интервальных тренировок в зоне 3, но при более высоких абсолютных скоростях, чем $v_{ЛП2}$, благодаря меньшему утомлению, чем в зоне 4. При этом должны применяться более короткие рабочие интервалы, препятствующие увеличению КЛК и обеспечивающие быстрое восстановление бегунов после высокоинтенсивных тренировок. Имеются также сведения, что применение интенсивности в пределах зон 4–5 также обеспечивает повышение работоспособности бегунов на средние и длинные дистанции. Для обеспечения оптимального повышения работоспособности и результативности соревновательной деятельности бегунов на средние и длинные дистанции необходимо так же использовать адекватные объемы высокоинтенсивных тренировок в зонах 4–6 (спринтерские интервальные тренировки с короткими 30-секундными рабочими интервалами), не приводящие к негативным последствиям

Преимущества, связанные с улучшением физиологических характеристик в результате проведение лактат-ориентированных пороговых интервальных тренировок (ЛОПИТ) с применением высокообъемных низкоинтенсивных тренировок, были подтверждены на практике современными норвежскими бегунами на средние и длинные дистанции, специализирующимися на беге на дистанции от 1500 м до 10 000 м. Данная тренировочная модель предусматривает проведение высокого объема тренировок в легком темпе, умеренного объема интервальных тренировок пороговой интенсивности – с регулированием их темпа на основе определения уровня лактата во время тренировки, и низкого объема интервальных тренировок – в зоне 5. При этом тренировочный объем составляет 180 км в неделю, выполняя 4 интервальных тренировки (две двойные тренировки по схеме «тяжелый день - легкий день») с пороговой интенсивностью (при КЛК от 2 до 4,5 ммоль/л в зависимости от цели

проведения тренировки) и одну тренировку с интенсивностью в зоне 5. Такая схема позволяет выполнить гораздо больший объем тренировок по сравнению интервальными тренировками в зоне 4. Учитывая, что более высокий общий объем тренировок способствует большему развитию реакций адаптации, данная схема является эффективной для повышения работоспособности бегунов в дисциплинах на выносливость. При этом интенсивность нагрузок бегунов необходимо строго контролировать путем измерения ЧСС и КЛК во время всех интервальных тренировок. И хотя экстенсивное применение ЛОПИТ (до 4 тренировок в неделю) является новшеством в тренировках бегунов на средние и длинные дистанции элитного уровня, в ряде исследований имеются сведения о комбинированном применении тренировок на уровне ЛП2 и в зонах 4 и 5 в течение тренировочной недели. Например, бегуны могут выполнять две (или более) различных интервальных тренировок в неделю с интенсивностью на уровне ЛП2 и МПК, соответственно. В качестве компонентов данной тренировочной модели предполагается также проведение одной спринтерской тренировки и нескольких силовых тренировок. При этом модель ЛОПИТ предусматривает выполнение высокого объема тренировок (157–185 км/неделю). Необходимо отметить, что во время соревновательного периода еженедельная интервальная тренировка по бегу в гору с интенсивностью в зоне 5 должна быть отчасти заменена на бег по беговой дорожке стадиона в соревновательном темпе при высокой КЛК (5-10 ммоль/л), и две ЛОПИТ следует исключить из недельного плана. Таким образом, во время соревновательного периода усилия спортсменов и тренеров должны быть направлены на применение минимального объема пороговых тренировок с целью сохранения ранее сформированной аэробной базы, обеспечивающей выполнение высоких объемов работы в соревновательном темпе с интенсивностью выше зоны 3. Это соответствует представленным в современной литературе рекомендациям по оптимальной периодизации тренировок высококвалифицированных и элитных бегунов на средние и

длинные дистанции и отражает тенденцию перехода от пирамидального распределения интенсивности тренировок (РИТ) в течение подготовительного периода к поляризованному РИТ во время соревновательного периода.

Метод высокоинтенсивных интервальных тренировок (ВИИТ) основан на выполнении повторяющихся периодов мышечной работы при нагрузках, превышающих анаэробный порог, с перерывами на восстановление. Протоколы ВИИТ часто выполняются при интенсивности, близкой к максимальному потреблению кислорода (МПК), при этом во время коротких рабочих интервалов (менее 60 с) интенсивность физической нагрузки обычно превышает МПК, а при длительных интервалах (более 60 с) она равна или ниже МПК. В зависимости от интенсивности нагрузки в течение рабочих интервалов ВИИТ могут проводиться в условиях активации преимущественно анаэробного (спринтерские интервальные тренировки – СИТ) или аэробного (аэробные интервальные тренировки – АИТ) метаболизма. Продолжительность интервалов отдыха подбирается в зависимости от продолжительности и интенсивности рабочих интервалов для необходимого восстановления к следующему рабочему интервалу. При этом выбор активного восстановления (АВ) и интенсивности его нагрузки или пассивного восстановления (ПВ) является в настоящее время предметом активных обсуждений. При этом существует мнение, что АВ следует применять при длительных интервалах отдыха (3–4 мин), а ПВ целесообразно для коротких интервалов отдыха (менее 3 мин).

Использование ПВ целесообразно для накопления более высокого тренировочного объема за счет увеличения количества высокоинтенсивных рабочих интервалов, а применение АВ рекомендуется для достижения цели максимального увеличения физиологического стресса во время тренировки со средним тренировочным объемом с учетом расстояния, преодоленного во время восстановительных периодов при беге с низким уровнем интенсивности нагрузки (80% $v_{ВП_2}$). С другой стороны во время АИТ с

периодами активного восстановления, предусматривающего бег со скоростями, близкими к анаэробному порогу ($80\% v\text{ВП}_2$), утилизация лактата происходит более эффективно. Применение такого варианта АВ не приводит к увеличению нервно-мышечного утомления, что позволяет выполнять дополнительные рабочие интервалы.

Большая мощность мышц требуется во время коротких ускорений для сокращения дистанции между соперниками и на финишном отрезке. В этой связи ключевую роль играют силовые тренировки (СТ), повышающие анаэробную мощность и скоростные способности. Традиционно комбинированных СТ проводят два-три раза в неделю при умеренных нагрузках ($40\text{--}70\% 1\text{RM}$) или сочетании высоких нагрузок (более $80\% 1\text{ПМ}$) со взрывными упражнениями. Выполнение силовой тренировки даже при высокой интенсивности физической нагрузки ($80\%\text{ПМ}$ или 6 ПМ) с 24-часовым перерывом на восстановление перед субмаксимальной тренировкой по бегу не оказывает влияния на результаты выполнения вертикальных прыжков, физиологические параметры дыхательной системы и эффективность тренировок по бегу с субмаксимальной скоростью.

В дополнение к высокому скоростному резерву высококвалифицированные бегуны на 400 м также должны обладать высокими показателями абсолютной скорости, скоростной и силовой выносливости. Для бегунов на 400 м тренировки скоростной выносливости с вовлечением анаэробной системы энергообеспечения должны проводиться на уровне $80\text{--}90\%$ максимальной интенсивности физической нагрузки на дистанции от 200 до 500 м . Время отдыха между рабочими интервалами должно составлять от 30 с до 2 мин при обычной дистанции 350 или 400 м . Чем длиннее дистанция и выше интенсивность нагрузки, тем больше продолжительность интервалов отдыха. Тренировки скоростной выносливости следует проводить $2\text{--}3$ раза в неделю. При этом в целях регулирования нагрузок и обеспечения должного уровня восстановления необходимо планировать не менее одной аэробной тренировки по бегу на

длинную дистанцию в неделю для предотвращения мышечных травм

Современные тенденции совершенствования прогнозирования результативности и подготовленности бегунов

Оценка и прогнозирование аэробных показателей бегунов обычно осуществляется в лабораториях в контролируемых условиях, при этом применимость полученных результатов в условиях стадиона вызывает сомнения. Поэтому более целесообразным является определение этих переменных в условиях, непосредственно связанных с тренировочной практикой, с помощью полевых испытаний на стадионе. Недавно разработан новый легкоатлетический ступенчатый беговой тест, позволяющий определять пиковую скорость бега непосредственно в условиях стадиона ($V_{\text{peak_TF}}$). Более высокий уровень взаимосвязи $V_{\text{peak_TF}}$ с результатами бега на 10 км, по сравнению с тестированием пиковой скорости в условиях лаборатории свидетельствует о том, что улучшение показателя $V_{\text{peak_TF}}$ в течение тренировочного периода напрямую отражает изменения результативности. При этом место проведения теста (на стадионе) идентично месту проведения соревнований бегунов. Показатель $V_{\text{peak_TF}}$ имеет большое практическое значение для прогнозирования и планирования тренировочного процесса. При этом данный тест позволяет обследовать одновременно несколько спортсменов. Для планирования тренировок на выносливость рекомендуется использовать интенсивность $75 \pm 4\%$ от V_{peak} для непрерывных тренировок, $100\% \pm 2\%$ от V_{peak} – для длинных интервальных тренировок и $120\% \pm 2\%$ от V_{peak} – для коротких интервальных тренировок.

Опубликованная в 2023 году прогностическая модель резерва анаэробной скорости (AnSR) основана на определении разности между максимальной анаэробной скоростью (MAnS) и максимальной аэробной скоростью (MAS). В модели PAnS используется отрицательная экспоненциальная зависимость между продолжительностью бега с максимальными скоростями и этими скоростями. Данный подход позволяет успешно прогнозировать результаты бега на беговых дорожках стадионов (на

стадионе 100-400 м) и на беговой дорожке (тредмиле 3-240 с). Такой метод требует только применения простого уравнения и двух разных попыток бега с максимальной анаэробной и аэробной скоростью продолжительностью приблизительно 3 с и 60 с.

Также существует другая модель – индекс энергетического резерва бега (RERI), которая была разработана на основе концепции AnSR для точного прогнозирования результатов бега с максимальной скоростью продолжительностью около 240 с (бег на короткие и средние дистанции). В основе данной модели RERI лежит определение отношения потребления кислорода (ПК) при максимальной анаэробной скорости к ПК при максимальной аэробной скоростью, которое ($RERI_E$), а также отношения максимальной анаэробной скорости к максимальной аэробной скоростью ($RERI_{spd}$). Определение данных показателей происходит по особому алгоритму: в результате выполнения 2-3 попыток бега до отказа с разными скоростями 90-140%vMПК определяется анаэробная способность для заданной дистанции и критическая скорость для каждого спортсмена. Затем определяется максимальная аэробная скорость как минимальная скорость, при которой производится максимальное количество аэробной энергии. Регистрируется наиболее высокий показатель скорости пробегания специально установленных отрезков спринтерского забега на 50 м (на отрезке от 34 до 50 м для спринтеров и бегунов на средние дистанции и на отрезке от 30 до 46 м для бегунов на длинные дистанции) представляет собой максимальную анаэробную скорость. Затем производится расчет показателей $RERI_E$ и $RERI_{spd}$. Модели $RERI_E$ и $RERI_{spd}$ позволяют с высокой точностью прогнозировать результаты бега с максимальной скоростью на беговой дорожке (тредмиле) продолжительностью от 5 до 1340 с, а также результаты бега на дистанции 200 м и 5000 м на стадионе.

В целом ряде исследований изучался мониторинг и прогнозирование работоспособности бегунов-спринтеров на основе результатов выполнения прыжка вверх с приседом (CMJ) в ходе тренировок по бегу. При этом

высказывалось мнение, что мониторинг высоты СМЖ обеспечивает более точное определение тренировочных нагрузок во время данного типа тренировок. При этом в одном из недавних исследований указывается на недостаточную чувствительность метода, основанного на использовании СМЖ в качестве показателя внутренней нагрузки во время тренировок бегунов на длинные дистанции. Также не рекомендуется использовать этот показатель нервно-мышечного утомления для регулирования внешних тренировочных нагрузок у данных спортсменов. Вместе с тем, мониторинг значений СМЖ отражает изменение баланса между снижением и повышением работоспособности во время тренировок по бегу и позволяет прогнозировать долговременные реакции адаптации к тренировкам у бегунов на длинные дистанции. Например, если спортсмен во время последующих тренировок совершает более высокий прыжок при одной и той же нагрузке – это означает снижение утомления или высокую постактивационную потенциацию результативности, отражающие позитивные долговременные реакции адаптации организма к данной нагрузке.

Необходимо отметить, что специальные портативные приборы, например, акселерометры, инерциальные датчики и стельки для обуви с динамометрическими датчиками, успешно используются для регистрации различных параметров бега (например, темп и длину шага, продолжительность контакта с опорой). Вместе с тем использование показателей частоты сердечных сокращений и частоты/длины шагов, полученных с помощью портативных приборов, позволяет определить и прогнозировать доминирующую стратегию темпа бегуна, а также оптимальный уровень данных параметров. У квалифицированных бегунов выявление оптимальной для них частоты шагов может обеспечить потенциальное снижение метаболических затрат примерно на 3 мл O_2 /кг/км. Сертифицированные портативные приборы позволяют выполнять в режиме реального времени и в полевых условиях измерения темпа и скорости бега, сопоставимые по точности с результатами измерений, проводимых с

применением систем видеозахвата движений. Также представлены рекомендации для обновления функционала портативных приборов, предназначенных для измерения информативных показателей тренировочной нагрузки, например: необходимость комплексной регистрации параметров, характеризующих физическую активность; расчет оптимальной частоты и длины шага; оценка уровней восприятия боли; количественное определение нагрузки на опорно-двигательный аппарат бегуна. При этом для получения обобщенной информации о внешней рабочей нагрузке бегунов данные от портативных приборов должны быть проанализированы соответствующими вычислительными алгоритмами.

Медико-биологические аспекты подготовки бегунов.

Роль дыхательных мышц во время физических нагрузок и снижение работоспособности в результате их утомления хорошо известны. Такие процессы наблюдаются при высоких нагрузках на дыхательные мышцы. Снижение силы инспираторных мышц (осуществляющих вдох) наблюдается почти на всех беговых дистанциях (кроме дистанции 1500 м). Особенно это проявляется при кратковременных физических нагрузках на дистанциях 400 м и 800 м и продолжительных физических нагрузках, таких как марафон. В то же время наблюдается значительное снижение показателей максимального давления выдоха и силы экспираторных мышц (осуществляющих выдох) после бега на дистанции 400 м и 5000 м. Частота дыхания во время бега является одним из факторов развития утомления экспираторных мышц (осуществляющих выдох). При этом во время кратковременных физических нагрузок экспираторные мышцы выполняют функцию дыхательных мышц и мышц, стабилизирующих туловище (core), что также приводит к их быстрому утомлению. Поэтому в беге на короткие дистанции более эффективными являются резистивные тренировки дыхательных мышц, а в беге на длинные дистанции более целесообразно использовать тренировки на выносливость дыхательных мышц. Таким образом, дополнительные тренировки экспираторных мышц способствуют повышению

работоспособности и результативности соревновательной деятельности бегунов. При этом следует отдавать предпочтение упражнениям с сопротивлением дыханию, в том числе с ограничением внешнего воздушного потока. Также эффективны тренировки выносливости с произвольным изокапническим гиперпноэ, которое предполагает поддержание высокого целевого уровня вентиляции легких в течение 30 минут.

Современные тенденции совершенствования психологической подготовки бегунов.

В последнее время у ученых вызывает интерес изучение «фокуса внимания» в качестве фактора результативности в спринте. Фокус внимания представляет собой произвольный акт концентрации внимания на выполнение необходимого двигательного действия. При этом выделяют внутренний фокус (internal focus) – концентрацию внимания на движениях тела и внешний фокус (external focus) – концентрацию на ожидаемом результате движений. Спортсмены под влиянием вербальных стимулов внешнего фокуса внимания, показывают лучшие результаты в спринте по сравнению с теми, у которых был активирован внутренний фокус внимания. Высококвалифицированные спортсмены уже обладают высоким уровнем результативности, потому что дополнительное стимулирование концентрации внимания оказывает на них меньшее влияние. Когда фокус внимания направлен на внешние объекты система двигательного контроля работает в условиях неосознаваемых автоматических процессов, что приводит в результате к выполнению рефлекторных движений и более высокой их эффективности. Напротив, если внимание сфокусировано на внутренних объектах тела, то функционирование системы двигательного контроля сдерживается сознательно регулируемые процессы, что приводит к сокращению количества автоматизированных двигательных моделей. Для достижения эффекта от применения внешнего фокуса внимания, необходим определенный уровень сложности выполняемого задания, то есть оно должно представлять собой вызов для спортсмена. Если данное задание уже

выполняется им автоматически, то существует более низкая вероятность проявления эффекта от применения внешнего фокуса внимания. Рекомендуется учитывать расстояние, направление и описание внешнего фокуса внимания и предоставлять спортсменам инструкции, разработанные с учетом их индивидуальных особенностей.

Соревнующиеся на длинных дистанциях спортсмены (стайеры) также должны обладать повышенным уровнем самоконтроля, который связан со способностью к управлению вниманием, эмоциями и поведением. Еще одной чертой личности, связанной с успехом соревновательной деятельности спортсменов-стайеров, является их психологическая резилентность («resilience» - упругость, эластичность) – врожденное динамическое свойство личности, лежащее в основе способности преодолевать стрессы и трудные периоды конструктивным путем). Бегуны-стайеры проявляют более высокий уровень развития следующих показателей резилентности: упорство, решительность и толерантность к негативным воздействиям (стресс, дискомфорт и физическую боль), которые они сознательно готовы терпеть

В контексте спортивной деятельности психологическая резилентность рассматривается как способность спортсмена правильно оценивать, когда и как следует применять и оптимизировать свои стратегии преодоления стресса (коупинг), чтобы противостоять стрессовым ситуациям.

Психологическая резилентность представляет собой динамический процесс, который развивается с течением времени. Психическое равновесие постоянно находится в состоянии риска нарушения под влиянием стрессовых ситуаций, соперничества и других форм изменения. После того как равновесие оказывается нарушенным, наступает первая фаза процесса развития резилентности (деструкция - разрушение), которая выражается во взаимодействии между событиями, вызывающими стресс, и факторами защиты, при этом последние помогают спортсменам встречать трудности лицом к лицу и сохранять состояние гомеостаза. После первой фазы начинается вторая (реинтеграция – восстановление). Существует четыре

варианта реинтеграции: резилентная реинтеграция (преодоление стресса, в ходе которого происходит личностный рост, познание, самопонимание и развитие резилентных характеристик); гомеостатическая реинтеграция (приводящая к исходному гомеостазу, при котором отсутствует личностный рост спортсмена и развитие его резилентных характеристик); реинтеграция с потерей (резилентных качеств) (человек утрачивает мотивацию и сдается); дисфункциональная реинтеграция (при которой спортсмены прибегают к наркотикам, демонстрируют деструктивное поведение или используют другие разрушающие личность способы преодоления стресса)

Модель «гомеостатической» и «резилентной реинтеграции», в которой удовлетворение потребностей в автономии и компетентности, а также уровень развития «локомоции» (способность спортсмена шаг за шагом продвигаться к поставленной цели вплоть до ее достижения) являются факторами прогнозирования главных компонентов резилентности: гомеостаза и резилентной реинтеграции. Существует прогностическая зависимость между удовлетворением базовых психологических потребностей (БПП), режимами саморегуляции (РСР) и резилентностью бегуна-стайера. При этом самыми важными для психологического восстановления бегуна (резилентного или гомеостатического) являются: режим саморегуляции – локомоция и базовые психологические потребности в автономии и компетентности. «Локомоция» является важным элементом расширения возможностей и прогностическим фактором положительного влияния, способствующим увеличению эффективности процесса развития резилентности. Прогностическим фактором «гомеостатической реинтеграции», определяющей способность к возврату к предшествующей стрессу ситуации и состоянию психического и физического равновесия, является удовлетворение потребности в компетенции. Повышенная автономия, поддержка и вовлеченность спортсмена в учебно-тренировочный процесс, а также укрепление их личной мотивации позволяет защититься от негативного влияния факторов стресса и значительно увеличить их

психологическую устойчивость и резилентность. Необходимо учитывать, что желание ощутить собственную компетентность и продемонстрировать ее окружающим является мощным средством мотивации для спортсмена, побуждая его к систематическому выполнению все более напряженных тренировок. Спортсмены чувствуют себя мотивированными (и действуют соответственным образом), когда они считают себя обладающими достаточной компетентностью для того, чтобы соответствовать требованиям поставленной перед ними задачи и при этом ощущать себя способными к выполнению работы независимо от других. К рекомендациям по использованию факторов мотивации к участию в тренировках и соревнованиях относятся: применение индивидуального подхода при определении целей и задач; выделение среди них наиболее значимых целей и задач; четкое определение сроков их выполнения, в том числе с точки зрения долгосрочной перспективы; обращение приоритетного внимания на повышение эффективности спортивной деятельности, а не на достижение сиюминутных результатов. Однако при этом спортсмены должны чувствовать ответственность за результативность своей соревновательной деятельности и уметь правильно оценивать как положительные, так и отрицательные результаты. Таким способом они приобретут чувство способности контролировать свои спортивные достижения путем проведения соответствующих тренировок по специальной и общей физической подготовке.

Следует отметить важную роль стимулирования у бегунов-стайеров удовлетворения потребностей в автономии и компетентности как основных факторов, определяющих целеустремленность, своевременное восстановление и психофизическое равновесие. Это также важно с точки зрения упреждающего развития и совершенствования резилентности у спортсменов в требующих выносливости дисциплинах и разработки планов проведения экспериментов, направленных на повышение уровня осознания спортсменами их предыдущего опыта и более активное их участие в выборе

стратегий, регулирующих их деятельность в процессе подготовки и во время соревнований.

3 Велосипедный спорт

3.1 Планирование и содержание тренировочного процесса в велоспорте

В настоящее время существует дефицит исследований, определяющих структуру специфических для велоспорта характеристик периодизации (традиционной по сравнению с блоковой), включая объем и распределение интенсивности тренировок (РИТ) на протяжении сезона. Более того, термины «периодизация» и «программирование»/«планирование» часто путаются и используются как взаимозаменяемые разными авторами, которые не отличают периодизацию (долгосрочная общая организация и определение последовательности тренировок) от программирования (краткосрочное планирование отдельных тренировок и комплексов упражнений) [160], [161].

Для велоспорта-шоссе характерны соревнования продолжительностью от 1 до 6 часов, при этом самые крупные велогонки проводятся в несколько этапов несколько дней подряд с чередованием длинных дистанций и более коротких индивидуальных заездов на время. Знаменитые Гранд-туры Вуэльта Испании («Vuelta a España»), Джиро д'Италия («Giro d'Italia») и Тур де Франс («Tour de France») продолжаются три недели. Поэтому участие в Мировом Туре для велосипедиста может длиться до 60-80 дней в течение сезона с учетом одно-, двух- или трехдневных турниров, а также велогонок от одной до трех недель. Соревнования в шоссейном велоспорте отличаются различной топографией. Например, разные типы этапов велогонок классифицируются как: гонки по равнинной местности (физические нагрузки продолжительностью от 5 до 30 с), гонки по холмистой местности (физические нагрузки продолжительностью от 30 с до 2 мин во время многодневных этапов и от 30 с до 10 мин во время типичных решающих отрезков), гонки по горной местности (mountain terrain) (физические нагрузки продолжительностью более 10 мин) и индивидуальные заезды (физические

нагрузки продолжительностью более 10 мин) [162]. Отобранная для участия в Мировом туре команда может состоять из 30 велосипедистов. И в любое время в течение сезона эти гонщики могут участвовать в составе более мелких групп численностью от 5 до 8 человек в 3 разных международных турнирах, в то время как другие члены команды могут в это время восстанавливаться после болезней и травм или тренироваться дома. Таким образом, велосипедисты и тренеры планируют и корректируют тренировки в зависимости от нужд команды и с учетом различных ситуаций и требований, связанных с участием в соревнованиях. Учитывая более высокую долю соревнований в общей тренировочной нагрузке шоссейных велогонщиков элитного уровня, периодизация тренировок этих спортсменов является сложной задачей, при решении которой необходимо учитывать график проведения соревнований, командную работу и разные типы этапов тренировочной деятельности в течение сезона. Продолжительные соревновательные сезоны и плотные графики соревнований современных спортсменов в циклических видах спорта требующих частых пиков работоспособности в течение одного и того же соревновательного сезона в течение относительно коротких периодов времени обусловили переход от традиционной периодизации (ТП) (разделяющей годичный тренировочный цикл на подготовительный, соревновательный и переходный периоды для развития базовых аэробных способностей спортсменов в течение периода проведения высокообъемных и низкоинтенсивных тренировок (НИТ), который предшествует периоду сокращения объема и увеличения доли высокоинтенсивных тренировок (ВИТ) при непосредственной подготовке к соревнованиям) к блоковой периодизации (БП) тренировок. Блоковое построение тренировочного процесса основано на применении периодов высококонцентрированных тренировочных нагрузок (блоков) с учетом оценки их влияния на последующие адаптации в организма спортсменов. Такой подход является более детализированной и удобной структурой планирования тренировочного процесса [163], [164].

Galán-Rioja M.Á. с соав. [165] указывают, что тренировочный объем у велосипедистов-шоссейников при использовании модели традиционной периодизации (ТП) составляет 7,5-10,8 часов в неделю, а при блоковой периодизации – 8,8-11,7 часов в неделю (таблица 28). Высокий объем тренировок является необходимым условием для высокой работоспособности велосипедистов. Использование большего или меньшего объема тренировок зависит от целого ряда факторов, например, этапа подготовки в течение сезона, возраста, уровня квалификации спортсменов). По этой причине как объем, так и РИТ должны оцениваться и планироваться в комбинации друг с другом [50].

Традиционно в литературе выделяют 3 физиологически обусловленные зоны интенсивности физических нагрузок в циклических видах спорта [166]. Эти зоны (зона 1, 2 и 3) определяются в зависимости от индивидуальных показателей первого и второго вентиляционных порогов или пороговых значений уровня лактата в крови. Как в пирамидальной, так и в поляризованной модели распределения интенсивности тренировок (РИТ) около 80% общего тренировочного объема приходится на тренировки в зоне 1. Однако в пирамидальной модели РИТ оставшиеся 20% тренировок проводятся в зоне 2 и 3, в то время как в поляризованной модели РИТ эти 20% выполняются главным образом в зоне 3 при как можно более меньшем объеме тренировок в зоне 2. Напротив, пороговая модель РИТ предусматривает высокую долю тренировочного объема в зоне 2 (более 35%), а оставшегося в зоне 1. В велоспорте также используются модели РИТ, включающие нагрузки в зонах 4 и 5 [167].

Как поляризованное, так и пирамидальное РИТ являются очень эффективными методами распределения интенсивности тренировок, обеспечивающие улучшение работоспособности и результативности соревновательной деятельности спортсменов в циклических видах спорта на выносливость.

Таблица 28 – Основные тенденции в периодизации и содержания процесса подготовки велосипедистов [165]-[169]

Периодизация и содержание процесса подготовки велосипедистов		Результаты
<p>Модель БП. РИТ (% в ч): НИТ (73,7%); СрИТ (4,4%); ВИТ (9,4%); другие тренировки (12%). Модель РИТ: Поляризованная. Объем 9,9 ч/нед. 12-недельный тренировочный период: одна неделя - блок из 5 ВИТ, затем 3 недели - 1 ВИТ в неделю. Данная последовательность повторяется 3 раза. Тренировки были подразделены на 3 зоны интенсивности, определяемые на основе процента от максимальной частоты сердечных сокращений: НИТ (зона 1: 60%–82%), СрИТ (зона 2: 83%–87%) и ВИТ (зона 3: 88%–100%).</p>	<p>Модель ТП. РИТ (% в ч): НИТ (82,6%); СрИТ (2,5%); ВИТ (8,7%); другие тренировки (6,2%). Модель РИТ: Поляризованная. Объем 10,76 ч/нед. 12-недельный периода: 2 ВИТ в неделю (последовательность схем 6×5 и 5×6 мин в зоне 3), которые чередовались со сравнительно высокообъемными НИТ (1 час в зоне интенсивности 1).</p>	<p>БП обеспечила более высокое относительное улучшение МПК по сравнению с ТП (8,8% по сравнению с 3,7%, соответственно), при этом повышение пиковой аэробной мощности на 7,4% было зарегистрировано только в модели БП. Также отмечается увеличение выходной мощности при концентрации лактата в крови 4 ммоль/л после выполнения программ БП и ТП (22% и 10%, соответственно) при отсутствии четко выраженных различий между моделями. Повышение общей эффективности на 2,9% отмечено в группе БП, в группе ТП данный показатель не изменился.</p>
<p>Модель ТП. РИТ (% в ч): НИТ (83,5%); СрИТ (14,2%); ВИТ (2,3%). Модель РИТ: Пирамидальная. Объем 10,1 ч/нед. Трех 4-недельных мезоцикла (12 недель): неделя 1 – среднеобъемные НИТ и 2 интервальные тренировки; недели 2 и 3 – высокообъемные НИТ и 3 интервальные тренировки; неделя 4 – НИТ сокращенного объема (50% объема предыдущих 2 недель) и 1 интервальная тренировка. Интервальные тренировки проводились по 3 схемам: - ВИТ с постепенным увеличением интенсивности нагрузки - интервальные тренировки по схеме 4×16 мин, 4×8 мин, и 4×4 мин каждые 4 недели; - ВИТ со снижением интенсивности нагрузки выполняла вышеуказанную схему в обратном порядке 4×4 мин, 4×8 мин, и 4×16 мин каждые 4 недели; ВИТ со смешанным и сбалансированным распределением 3 ВИТ во всех 3 мезоциклах. НИТ (зона интенсивности 1: 60%–75% и зона 2: 75%–85%); СрИТ (зона интенсивности 3: 85%–90% и зона 4: 90%–95%); ВИТ (зона интенсивности 5: 95%–100%), при этом зоны интенсивности определялась на основе процента от пиковой ЧСС</p>	<p>Выявлено статистически значимое повышение пикового потребления кислорода от 3,8% до 5,8% (при всех схемах изменения интенсивности ВИТ: повышение, снижение и смешанный характер), но различий между ними отсутствовали. При этом отмечается увеличение максимальной аэробной мощности на 19% при применении схемы ВИТ с повышением интенсивности. Улучшение показателей мощности при концентрации лактата в крови 4 ммоль/л на 5,8% и 5,9% при применении ВИТ по схеме возрастания (4×16, 4×8, 4×4 мин), так и убывания (4×4, 4×8, 4×16 мин). Снижение общей эффективности педелирования на 2,6% - при возрастающей схеме ВИТ, 2,0% - убывающей схеме ВИТ, 1,4% - смешанной схеме распределения ВИТ.</p>	

Продолжение таблицы 28

Периодизация и содержание процесса подготовки велосипедистов		Результаты
<p>Модели БП РИТ (% в ч): НИТ (67%); СрИТ (18%); ВИТ (10%); Силовые (5%). Модель РИТ Пирамидальная. Объем 11,68 ч/нед.</p> <p>Тренировочный период 58 недель. В течение первых 8 - недель акцент на блоки НИТ и СрИТ, ВИТ проводилась только 1 раз в неделю. Выполнение каждого тренировочного блока продолжалось 1-2 недели, всего запланировано 11 блоков ВИТ, 11 блоков СрИТ, 8 блоков НИТ; 19 – на восстановление. Тренировки проводились в трех зонах интенсивности: НИТ (зона 1: 60-82%), СрИТ (зона 2: 83-87%) и ВИТ (зона 3: 88-100%), на основе процента от максимальной ЧСС.</p>		<p>Выявили изменения МПК в течение 58-недельного периода при применении блоков тренировок разной интенсивности (НИТ, СрИТ и ВИТ) велосипедистом элитного уровня, при этом было зарегистрировано увеличение его относительного и абсолютного показателя МПК на 18,5% и 12,3%, соответственно. А также увеличение относительного и абсолютного показателя пиковой выходной мощности на 19,7% и 14,2%, соответственно.</p> <p>Повышение относительной и абсолютной выходной мощности при концентрации лактата в крови 3 ммоль/л, соответственно, на 36,1% и 29,3% после применения БП.</p>
<p>Модель ежедневного планирования. РИТ (% в ч): НИТ (66%); СрИТ (24%); ВИТ (10%). Модель РИТ: Пирамидальная. Объем 9,03ч/нед.</p> <p>8-недельный экспериментальный тренировочный период (тренировочный алгоритм, разработан с учетом ВСП), состоящий из 8 НИТ (интенсивность менее ВП₁), 6 СрИТ (интенсивность между ВП₁ и ВП₂), 4 ВИТ (интенсивность на уровне ВП₂) и 4 ВИИТ (интенсивность более ВП₂).</p>	<p>Модель ТП РИТ (% в ч): НИТ (64%); СрИТ (27%); ВИТ (9%). Модель РИТ: Пирамидальная. Объем 8,76 ч/нед.</p> <p>8-недельный тренировочный период</p>	<p>Применение тренировочной программы на основе учета ВСП позволило улучшить показатели пиковой выходной мощности на 5,1%, выходной мощности при ВП₂ на 13,9%, выходной мощности во время 40-минутного теста на 7,3% и МПК на 3%.</p> <p>Изменений МПК и выходной мощности при использовании ТП тренировок не обнаружено.</p>

Продолжение таблицы 28

Периодизация и содержание процесса подготовки велосипедистов		Результаты
<p>Модель БП РИТ (% в ч): НИТ (54%); СрИТ (33%); ВИТ (13%) Модель РИТ Пирамидальная Объем 11,36 ч/нед</p> <p>8-недельный тренировочный период</p>	<p>Модель ежедневного планирования. РИТ (% в ч): НИТ (49%); СрИТ (39%); ВИТ (12%). Модель РИТ: Пирамидальная. Объем 11,01ч/нед.</p> <p>Тренировочная программа состоит из 3 блоков ВИТ (4 ВИИТ в неделю), после каждого из которых выполнялся блок НИТ (4 НИТ и 1 ВИИТ). Тренировочный алгоритм, разработан с учетом ВСР. Тренировки НИТ (менее ВП₁), СрИТ (между ВП₁ и ВП₂) и ВИТ (более ВП₂).</p>	<p>Применение тренировочной программы на основе учета ВСР позволило улучшить показатели МПК на 3%, выходной мощности при ВП₁ на 26% и при ВП₂ на 17%. При модели БП отмечено только улучшение показателя выходной мощности при втором вентиляционном пороге на 12%.</p>
<p>Модель БП РИТ (% в ч): НИТ (65%); СрИТ (0%); ВИТ (35%). Модель РИТ Поляризованная. Объем (ч/нед) 8,75.</p> <p>Программа тренировок 8 недель: чередование 17-дневных блоков, состоящих преимущественно из НИТ и 11-дневных блоков спринтерских интервальных тренировок и высокоинтенсивных интервальных тренировок. НИТ выполнялись при мощности на уровне первого вентиляционного порога. СИТ проводились с максимальной интенсивностью (работой до отказа) в течение 30 с, ВИИТ – с интенсивностью на уровне 90% максимальной аэробной мощности.</p>	<p>Модель ежедневного планирования (поляризованная) РИТ (% в ч): НИТ (59%); СрИТ (0%); ВИТ (41%). Модель РИТ: Поляризованная. Объем 8,37 ч/нед.</p>	<p>Улучшение МПК на 14,8% (поляризованных тренировки) и 6,7% (БП). В обеих моделях было выявлено сходное увеличение максимальной выходной мощности на 6% . Применение БП и проведение поляризованных тренировок выступали в роли эффективных стратегий улучшения мощности, достигаемой как при первом (16,9% и 16,4%, соответственно), так и при втором вентиляционном пороге (12,8% и 16,4%, соответственно). Модель поляризованных тренировок позволила увеличить ПК при интенсивности нагрузки на уровне как ВП₁, так и ВП₂ на 11,8% и 13,3%, соответственно, а в модели БП улучшение данного параметра было зафиксировано только при ВП₂ на 10,1%.</p>

Продолжение таблицы 28

Периодизация и содержание процесса подготовки велосипедистов		Результаты
<p>Модель БП Объем 8,0 ч/нед.</p> <p>12-недельная модель БП, предусматривающая проведение ВИТ, СрИТ, НИТ (4-недельные блоки). Все НИТ выполнялись при малой интенсивности нагрузок. Все СрИТ и ВИТ проводились с применением метода поэтапного увеличения интенсивности нагрузки. Тренировки выполняются с максимальной средней выходной мощностью. В качестве ориентиров спортсменам были предложены баллы оценки индивидуального восприятия нагрузки (ОИВН) для каждого типа тренировок с постепенным увеличением нагрузки в течение каждого рабочего интервала (СрИТ: 14–18 балл и ВИТ: 16–19 балл)</p>	<p>Модель ТП Объем 7,5ч/нед.</p> <p>12-недельная программа тренировок с постепенным увеличением нагрузки в течение каждого недельного цикла ВИТ, СрИТ и НИТ на протяжении.</p>	<p>Увеличения пикового потребления кислорода при применении как ТП, так и БП в течение 12-недельного тренировочного периода не наблюдалось.</p> <p>Повышение выходной мощности при уровне лактата в крови 4 ммоль/л как при БП на 6%, так и при ТП на 10%. ПК при выходной мощности в условиях концентрации лактата в крови 4 ммоль/л возросло в обеих группах на 10%, также в обоих случаях увеличилось на 5% использование фракции потребляемого кислорода.</p> <p>Отмечено повышение общей эффективности в состоянии полуутомления у велосипедистов из обеих групп БП и ТП на 0,5%.</p>

Примечания

- 1 ТП – Традиционная периодизация.
- 2 БП – Блоковая периодизация.
- 3 РИТ – Распределение интенсивности тренировок.
- 4 НИТ – Низкоинтенсивные тренировки.
- 5 СрИТ – Среднеинтенсивные тренировки.
- 6 ВИТ – Высокоинтенсивные тренировки.
- 7 СИТ – Спринтерские интервальные тренировки.
- 8 МПК – Максимальное потребление кислорода.
- 9 ВСР – Вариабельность сердечного ритма.
- 10 ВП₁ – Первый вентиляционный порог.
- 11 ВП₂ – Второй вентиляционный порог.

В последнее время ученые и эксперты в области проведения тренировок выносливости активно обсуждают вопрос о том, какие методы РИТ обеспечивают наиболее высокую эффективность в циклических видах спорта [111], [115]. При этом важнейшим направлением тренировочной деятельности являются применение высокообъемных НИТ (зона 1). Однако следует также отметить, что распределение нагрузок в зонах интенсивности 2 и 3 при использовании обоих методов РИТ (используемых при периодизации тренировок выносливости) зависит от тренировочной фазы или цикла подготовки и специализации спортсмена на определенной соревновательной дистанции (или дисциплины). В большинстве посвященных циклическим видам спорта ретроспективных исследований с участием хорошо тренированных или элитных спортсменов сообщается о применении пирамидального РИТ с высокой долей высокообъемных НИТ. С другой стороны, поляризованное РИТ также может оказаться эффективным для некоторых спортсменов элитного уровня во время определенных фаз сезона. Когда спортсмен тренируется в рамках подготовки к соревнованию в циклических видах спорта, он чаще всего использует модель ТП, которая обычно предусматривает применение разных методов РИТ в течение последовательных периодов времени. Например, участвующие в гонках Мирового Тура велосипедисты отличаются высоким годовым объемом тренировок примерно 680-730 часов, которые проводятся преимущественно в зоне 1 (470–500 ч, 67-69%) и в меньшей степени в зоне 2 (24-40 ч, 4-5%), зоне 3 (22-32 ч, 3-4%), зоне 4 (8-16 ч, 1-2%), зоне 5 (2-7 ч, 0,3-1%), соревнования занимают 60–92 ч (9-12%), а другие тренировки – 70-78 ч (10%) [165].

Распределение интенсивности тренировок (РИТ) у велосипедистов-шоссейников при БП составляет примерно: 64,9% - НИТ 18,4% - СрИТ, 16,8% - ВИТ, 8,5% - другие тренировки; при ТП: 76,7% - НИТ, 14,5 - СрИТ, 6,6% - ВИТ, 6,2% - другие тренировки; при модели ежедневного планирования: 58% - НИТ, 31,5% - СрИТ, 21% - ВИТ (таблица 28) [165].

Таким образом на данный момент отсутствуют основания считать

более эффективным применение какой-либо из специальных моделей периодизации (БП или ТП продолжительностью от 8 до 12 недель) или модели ежедневного планирования тренировок по сравнению с другими методами повышения работоспособности и результативности соревновательной деятельности у квалифицированных велосипедистов-шоссейников. При этом на основании результатов существующих научных исследований для спортсменов данного уровня квалификации рекомендуется тренировочный объем 7-12 часов в неделю, при этом для достижения элитного уровня объем тренировок увеличивают еще больше. Кроме того рекомендуется также использовать короткие СрИТ и ВИТ, которые соответствуют уровням интенсивности на соревнованиях. Также рекомендуют использовать различные комбинации методов пирамидального и поляризованного распределения РИТ с учетом результатов проведения ежедневного мониторинга состояния подготовленности спортсменов, тренировочного периода для повышения физической работоспособности велосипедистов-шоссейников [165].

Оптимизация тренировочной нагрузки перед важными соревнованиями имеет важное значение для выхода на пик работоспособности и результативности соревновательной деятельности. Функциональное перенапряжение представляет собой краткосрочное снижение работоспособности, которое, если за ним следует адекватный период восстановления, приводит к проявлению феномена суперкомпенсации (сверхвосстановления) и последующему повышению работоспособности. Традиционный подход к достижению пика работоспособности заключается в применении тренировок с перегрузкой (форсированной нагрузкой) на протяжении 2-4 недель и последующего периода поэтапного снижения нагрузки в течение 1-3 недель, который называется периодом подводки к соревнованию. Главная цель периода подводки заключается в уменьшении стресса и остаточного утомления от проведения предыдущих тренировок, что позволяет оптимизировать спортивную работоспособность. Однако

реализация данного подхода, требующего 3-7-недельного периода подготовки к приоритетным соревнованиям, для многих элитных спортсменов практически невозможна из-за плотного соревновательного графика. Например, спортсмены могут участвовать в серии соревнований на протяжении нескольких месяцев и не иметь возможности использовать традиционные стратегии применения тренировок с перегрузкой и последующего периода подводки перед главными соревнованиями. Поэтому, вместо того чтобы использовать определенный период перегрузки перед периодом подводки, общий для всех видов спорта альтернативный подход заключается в применении одного только периода подводки (простое сокращение тренировочного объема на 40-60% в течение 11-14 дней). В велоспорте сокращение тренировочного объема в период подводки составляет 21-60% за 8-14 дней [170].

Однако реализация периода перегрузки перед подводкой обеспечивает достижение более высокого повышения уровня работоспособности по сравнению с использованием одного только периода подводки. При этом применение периода перегрузки требует тщательного регулирования тренировочной нагрузки. Например, 7-14-дневный период перегрузки с использованием высокоинтенсивных интервальных тренировок (ВИТ) повышает показатели аэробных возможностей спортсменов к концу последующего поэтапного сокращения нагрузки в течение 5-14 дней (то есть подводки). Также при включение в тренировочный план фазы перегрузки необходимо применять более продолжительный период подводки, что вызывает определенные трудности, связанные с плотным соревновательным графиком. Выполнение ВИТ с перегрузкой, состоящих из множества коротких интервалов, является более эффективным по сравнению с использованием более длительных рабочих интервалов. Например, у велосипедистов наблюдается болезненные ощущения в нижних конечностях в ходе 1-недельного блока, состоящего из 5 ВИТ. Поэтому сравнительно короткий блок ВИТ целесообразно использовать в качестве периода

перегрузки для улучшения спортивной работоспособности перед проведением главных соревнований, который не требуется слишком долгого периода восстановления и короткой подводки. Например, применение 7-дневного блока ВИТ и последующего 5-дневного периода подводки обеспечивает улучшению физиологических показателей работоспособности у велосипедиста элитного уровня в сочетании с уменьшением болевых ощущений в нижних конечностях [170].

Ronnestad B.R. с соав. [170] доказали, что использование сжатого варианта тренировок с перегрузкой в форме ВИТ (с короткими рабочими интервалами) и последующего периода подводки вызывает повышение показателей пикового потребления кислорода (ППК) и максимальной выходной мощности (W_{max}), выходной мощности при уровне лактата 4 ммоль/л, а также экономичности педалирования у высококвалифицированных велосипедистов по сравнению с традиционной подводкой (сужением). При этом период перегрузки длится 6 дней, последующий период подводки с поэтапным снижением нагрузки на 55% - 5 дней, а традиционный период подводки с уменьшением тренировочной нагрузки на 40 % - 11 дней. Предваряющий перегрузку и подводку этап подготовки велосипедистов (4 недели) включал низкоинтенсивные тренировки (НИТ) 60-82% от пиковой ЧСС в объеме 10,6-11,8 ч/нед; среднеинтенсивные тренировки (СрИТ) 83-87% от пиковой ЧСС в объеме 1,6 ч/нед; высокоинтенсивные тренировки (ВИТ) 88-100% от пиковой ЧСС в объеме 1,1 ч/нед. При этом обычно общая тренировочная нагрузка рассчитывается как время, затрачиваемое в зонах интенсивности 1, 2 и 3, которое умножалось на коэффициент 1, 2 или 3, соответственно. В течение 6-дневного периода перегрузки велосипедисты выполняли одну ВИТ в день, которая состояла из 3 подходов (серий) по 9,5 мин, включающих 30-секундные рабочие интервалы, чередуемые с 15-секундными восстановительными интервалами. Перерыв восстановления между подходами был равен 3 минутам (таблица 29). Таким образом, по сравнению

с предшествующим периодом подготовки 6-дневный период перегрузки характеризуется увеличением среднего объема ежедневных ВИТ и сокращением объемов НИТ и СРИТ, в результате чего общая тренировочная нагрузка не изменяется. При традиционной подводке (11 дней) сохраняется частота ВИТ и сокращается НИТ и СРИТ в течение первых 6 дней, поэтому наблюдается снижение общей тренировочной нагрузки на $26 \pm 8\%$ по сравнению с предшествующим периодом подготовки. В течение этих первых 6 дней тренировки с перегрузкой характеризовались более высокой общей тренировочной нагрузкой и объемом ВИТ, но более низким объемом НИТ по сравнению с традиционной подводкой. В следующий (завершающий) 5-дневный период перегрузка с подводкой характеризовалась значительным сокращением объемов СРИТ и ВИТ. В этот же период в ходе традиционной подводки отмечается дальнейшее снижение нагрузки во всех зонах интенсивности, что обеспечивает снижению ежедневной тренировочной нагрузки на $50 \pm 13\%$ по сравнению с предшествующим 4-недельным периодом подготовки (таблица 30, рисунок 8). В течение последнего 5-дневного периода подводки не было зарегистрировано статистически значимых различий между методами проведения перегрузки с подводкой и традиционной подводки. В целом при традиционной подводке наблюдается большее сокращение общей тренировочной нагрузки в течение 11-дневного периода по сравнению с проведением перегрузки с подводкой (на $35 \pm 8\%$ и $17 \pm 21\%$, соответственно).

Реализуемое в сжатые сроки доведение физической работоспособности до пикового уровня в течение 6-дневного периода применения ВИТ с перегрузками и последующего 5-дневного периода подводки позволяет повысить исходный показатель максимальной мощности работы велосипедистов (W_{\max}) на 5%. Подобные результаты наблюдаются у тренированных триатлонистов после 3-недельного периода перегрузки и последующего 2-недельного периода подводки.

Таблица 29 – Варианты подводки, используемые у высококвалифицированных велосипедистов [170]

День	ЭКСП. Короткий период перегрузки (6 дней), последующий периода подводки с поэтапным снижением нагрузки на 55% (5-дней)	ТРАД Традиционный 11-дневный период подводки с уменьшением тренировочной нагрузки на 40 %
1-6	1 (одна) ВИТ в день: 3×9,5мин (рабочие интервалы 30 сек, отдых 15 сек, интенсивность 85% и 43% от максимальной мощности, соответственно), активное восстановления между подходами (интенсивность 50% от мощности рабочих интервалов) - 3 мин. Средняя интенсивность во время каждого подхода 72% от максимальной мощности.	Сохранение обычного объема ВИТ. Сокращение объема НИТ и СрИТ
7	Проведение тестирования с поэтапным увеличением нагрузки для определения мощности при уровне лактата 4 ммоль/л и МПК	Проведение тестирования с поэтапным увеличением нагрузки для определения выходной мощности при уровне лактата 4 ммоль/л и МПК. ВИТ по схеме 2×4 мин, 2×3 мин, 2×2 мин и 2×1мин.
8	Полный отдых	НИТ при 50% продолжительности (то есть 60-120 мин)
9	Легкую велотренировка (НИТ) продолжительностью 20-40 мин	20-40 мин НИТ
10	Разминка (НИТ - 20 мин), затем велотренировки средней интенсивности (СрИТ) (2 × 5 мин), затем ВИТ постепенным увеличением интенсивности до максимальной мощности (3 × 1 мин)	20 мин НИТ, 2 × 5 мин СрИТ, 3 × 1 мин ВИТ
11	Проведение тестирования	Проведение тестирования

Примечания:

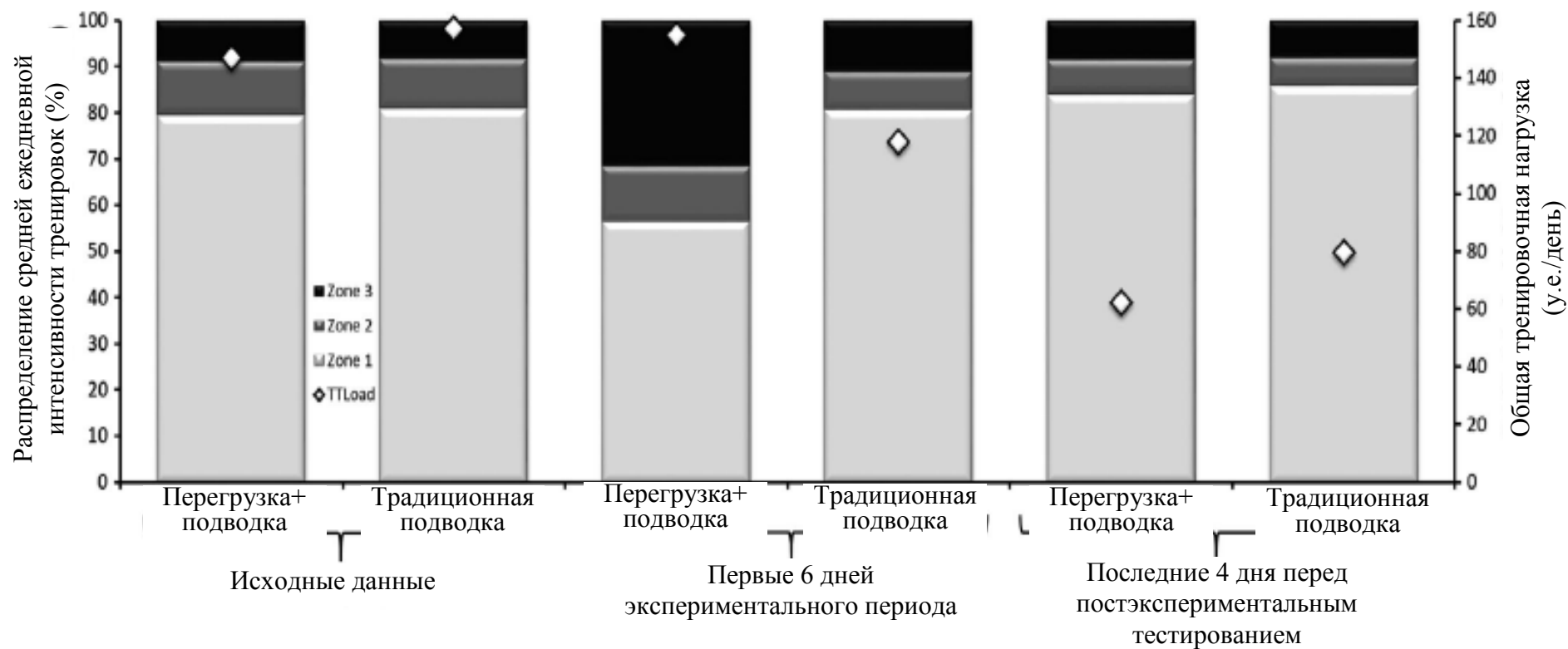
- 1 ВИТ - Высокоинтенсивная тренировка.
- 2 НИТ - Низкоинтенсивная тренировка.
- 3 СрИТ - Среднеинтенсивная тренировка.

Таблица 30 – Изменения продолжительности (%) ежедневных тренировок выносливости в каждой зоне интенсивности физической нагрузки по сравнению с исходными данными (средние показатели предварительного тестирования, проводимого 4 неделями раньше) после первых 6 дней экспериментального периода и после последних 4 дней перед проведением 2-ого постэкспериментального тестирования [170]

Зона интенсивности	Первые 6 дней		Последние 4 дня	
	Перегрузка+ подводка	Традиционная подводка	Перегрузка+ подводка	Традиционная подводка
НИТ (60%-82% ЧСС _{пик})	-41 ± 21	-28 ± 11	-50 ± 21	-45 ± 13
СрИТ (83%-87% ЧСС _{пик})	-8 ± 36	-42 ± 22	-68 ± 9	-69 ± 19
ВИТ (88%-100% ЧСС _{пик})	192 ± 81	5 ± 44	-60 ± 0.4	-47 ± 28
Общая продолжительность ежедневных тренировок	-18 ± 26	-28 ± 6	-54 ± 17	-48 ± 11
ТРИМП	9 ± 32	-26 ± 8	-57 ± 13	-50 ± 13

Примечания:

- 1 ВИТ - Высокоинтенсивная тренировка.
- 2 НИТ - Низкоинтенсивная тренировка.
- 3 СрИТ - Среднеинтенсивная тренировка.
- 4 ЧСС_{пик} – пиковая частота сердечных сокращений.
- 5 ТРИМП – общая тренировочная нагрузка.



Черная область - зона 3 (высокая интенсивность); темно-серая область - зона 2 (средняя интенсивность); светло-серая - зона 1 (низкая интенсивность); белые ромбы - общая тренировочная нагрузка.

Рисунок 8 – Средние показатели ежедневной тренировочной нагрузки в течение экспериментального периода использования сочетания перегрузки и последующей подводки у велосипедистов высокого класса [170]

Интересно, что сходный эффект повышения работоспособности достигается в результате 5-недельного периода применения тренировок с перегрузкой и подводки обеспечивается у велосипедистов в течение 11-дневного периода применения высокоинтенсивных тренировок с перегрузкой и последующим сокращением тренировочной нагрузки во время подводки. Считается, что у спортсменов с функциональным перенапряжением (среднее максимальной мощности на 2%), вызванным 3-недельным периодом перегрузки, не развиваются процессы суперкомпенсации в течение последующего периода подводки. Это обусловлено тем, что выраженное снижение работоспособности в течение периода перегрузки не может быть в достаточной степени компенсировано в период подводки и негативно сказаться на результате последовательного применения периодов перегрузки и подводки. Риск чрезмерного снижения работоспособности после периода перегрузки можно минимизировать благодаря более короткой фазе перегрузки, например, 6-дневному периоду проведения ВИТ с перегрузкой, который на групповом уровне не вызывает ухудшения ни одного из физиологических показателей работоспособности. При этом увеличение показателя пикового потребления кислорода, обуславливает повышение выходной мощности при уровне лактата в крови 4 ммоль/л в результате применения перегрузки и последующей подводки (по схеме 6+5 дней) сравнению использованием традиционной подводки у велосипедистов. Необходимо отметить, что несмотря на отсутствие снижения работоспособности у велосипедистов проявляется тенденция к увеличению восприятия утомления (по опроснику «Профиль состояний настроения» (POMS)) после 6-дневного периода выполнения ВИТ с перегрузкой, но это состояние полностью компенсируется на 5-й день периода подводки. При этом велосипедисты ощущали тяжесть в ногах в последний день периода перегрузки, и затем им становилось значительно легче на 5-й день подводки. Кратковременная продолжительность периода выполнения ВИТ с перегрузкой не приводит к развитию утомления, вызывающего снижение

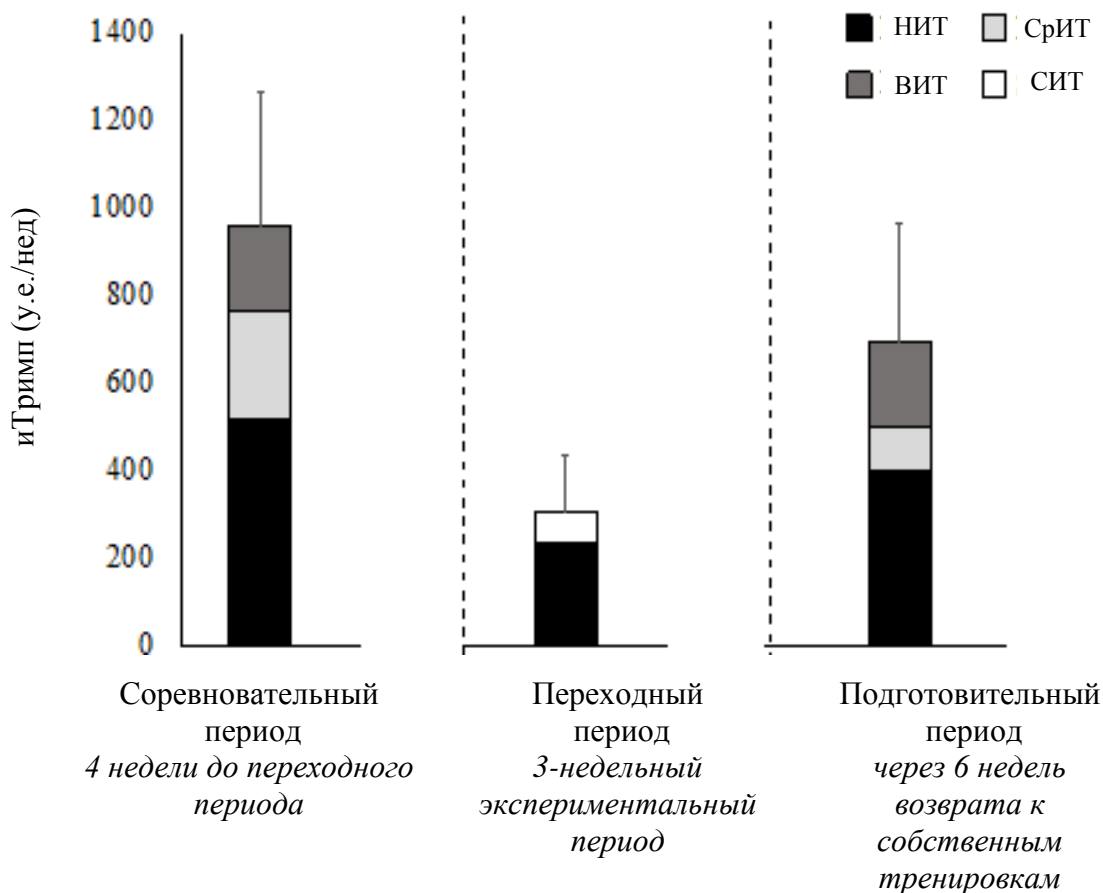
работоспособности, что способствует быстрому восстановлению психологических показателей и проявлению эффекта суперкомпенсации при измерении физиологических параметров. Несмотря на то, что проведение ВИТ с перегрузкой сопровождается увеличением ежедневного объема ВИТ до 192%, одновременное сокращение объемов НИТ и СрИТ не вызывает изменения общей тренировочной нагрузки по сравнению с исходными периодами [170].

Годовой тренировочный сезон велосипедистов обычно подразделяют на три периода: соревновательный, переходный и подготовительный. Соревновательный период в велоспорте в основном начинается в апреле и продолжается до конца сентября, и в этот период велосипедисту необходимо поддерживать оптимальную подготовленность, работоспособность и результативность во время соревнований, общая продолжительность которых достигает 90 дней. После соревновательного периода наступает переходный, в течение 3-5 недель которого велосипедисты отдыхают и восстанавливаются. Во время этого периода тренировочный объем сокращается на 60-80%, при этом преобладают низкоинтенсивные тренировки (НИТ). Это обуславливает некоторое снижение основных показателей физической подготовленностью велосипедистов. Поэтому следующий за ним подготовительный период необходим для восстановления утраченных физиологических адаптаций и повышения работоспособности к новому соревновательному периоду. Сохранение физической работоспособности велосипедистами элитного уровня во время переходного периода является важнейшим фактором обеспечения результативности во время соревновательного сезона. При этом использование одной высокоинтенсивной тренировки (ВИТ) в неделю в течение 8-недельного переходного периода позволяет велосипедистам сохранять после переходного периода и поддерживать в течение 16 недель последующего подготовительного периода повышенную физическую работоспособность. Интенсивный тренировочный стимул вызывает развитие реакций адаптации

и обеспечивает поддержание работоспособности в последующем тренировочном периоде. При этом ВИТ характеризуются высокой степенью физиологического напряжения, потому велосипедисты элитного уровня сокращают до минимума их применение во время переходного периода. С другой стороны, проведение спринтерских тренировок является более мягкой стратегией сохранения физической работоспособности при сокращении тренировочного объема. Например, использование 30-секундных спринтов способствует повышению анаэробной мощности и аэробных возможностей у спортсменов в циклических видах спорта на выносливость, обеспечивая высокий тренировочный стимул за короткий промежуток времени [171].

Спринт представляет собой важный элемент в велоспорте, характеризующийся короткими всплесками максимальной мощности при стартах, отрывах от группы, педалировании в гору, и финишах. Многие велосипедисты субэлитного уровня дополнительно используют спринтерские тренировки для повышения мощности и эффективности педалирования велоезды [172].

Taylor M. с соав. [171] продемонстрировали, что включение спринтерской тренировки в состав низкоинтенсивной тренировки один раз в неделю в течение 3-недельного переходного периода достаточно для достижения высококвалифицированными велосипедистами необходимого уровня подготовленности на протяжении последующих шести недель подготовительного периода. При этом дополнительные спринтерские тренировки проводятся после 20-минутной разминки при 60% МПК и состоят из 3 подходов (серии) по 3×30 с спринтов с максимальной мощностью, интервал отдыха между повторениями 1 мин пассивного отдыха плюс 3 мин педалирования уровне мощности 100 Вт, между подходами – 10 мин педалирования с интенсивностью нагрузки на уровне 60% МПК (рисунок 9). Тренировку завершает 10-минутная заминка при 60% МПК.



иТРИМП – индивидуальный тренировочный импульс. НИТ - низкоинтенсивные тренировки, СрИТ – среднеинтенсивные тренировки, ВИТ – высокоинтенсивные тренировки, СИТ – спринтерские интервальные тренировки.

Рисунок 9 – Методика включения спринтерской тренировки в состав низкоинтенсивной тренировки в течение переходного периода подготовки высококвалифицированных велосипедистов [171]

Такая схема подготовки в переходном периоде способствует повышению показателя максимальной выходной мощности велосипедистов во время 20-минутного велотеста ($МВМ_{20\text{мин}}$) на 7%. Значимое улучшение физической работоспособности у менее тренированных велосипедистов происходит быстрее, чем у спортсменов высокого класса, поэтому такие результаты являются для последних очень существенными. При этом также

наблюдается повышение среднего значения потребления кислорода на 7% во время подготовительного периода. Это повышение связано периферическими адаптациями в скелетной мускулатуре (окислительные возможности мышц) благодаря проведению спринтерских тренировок в течение 3-недельного переходного периода, что обеспечивает дальнейшее развитие этих реакций адаптации в последующем подготовительном периоде.

Таким образом, велосипедистам не требуется много времени для восстановления спортивной формы после переходного периода. При этом у высококвалифицированных велосипедистов не происходит изменений МПК, общей эффективности (КПД) или W_{max} . Несмотря на то, что в течение переходного периода спортсменам необходимо обеспечить достаточное время для физического и психического восстановления, применение велосипедистами элитного уровня всего одной спринтерской тренировки в неделю способствует достижению значительных преимуществ во время последующего подготовительного периода над теми спортсменами, которые практикуют проведение одних только НИТ в течение переходного периода такой же продолжительности. Более того, учитывая высокую эффективность спринтерских тренировок для повышения физической работоспособности велосипедистов элитного уровня, целесообразно их использовать также и во время других этапов их тренировочного сезона, например, во время подводки к соревнованиям или других периодов сокращения количества тренировок. [171].

Технологические инновационные разработки в современном спорте обеспечивают возможность изучения показателей спортсменов во время соревнований, анализа работоспособности и количественного определения тренировочных нагрузок в режиме реального времени [162], [173]-[178]. Специальные тензометрические датчики позволяют осуществлять точную регистрацию показателей механической выходной мощности велосипедистов в реальном времени в полевых условиях и проводить глубинный анализ полученных данных. Профилирование мощности в велоспорте чаще всего

определяется как оценка показателей выходной мощности в во время тренировок и соревнований [176] Профилирование мощности применяется для отслеживания долгосрочных изменений работоспособности и для анализа велогонок [179]. При этом в настоящее время среди ученых отсутствует единое мнение о том, какой метод профилирования мощности является наиболее эффективным с учетом множества методологических проблем и подходов к их решению [180].

В условиях педалирования сила мышц прилагается перпендикулярно шатуну велосипеда, при этом один оборот шатунов создает два угловых (вращательных) импульса (один на каждой ноге), что вызывает движение вперед велосипеда с велосипедистом. Силовые показатели в велоспорте описывают с использованием физических терминов, таких как средний крутящий момент или средняя выходная мощность. Первый характеризует силу, а второй количество работы, выполненной за единицу времени. Значения выходной мощности велосипедистов могут отличаться в зависимости от расположения тензодатчика (на оси педали, шатуне или каретке) и из-за потерь части энергии при работе различных компонентов трансмиссии. Поэтому показатели выходной мощности, полученные от датчиков, расположенных в разных местах, не должны сравниваться друг с другом. Наименьшее значимое изменение точности коммерческих измерителей мощности составляет в среднем 1,1-2,8%. Это означает, что любое повышение эффективности педалирования менее чем на 1,1% не может быть точно зафиксировано с помощью таких приборов для измерения мощности.

Для профилирования мощности применяется множество различных методов. Базовым из них является простая регистрация средних показателей мощности во время определенных гонок или турниров. При этом данный подход не дает информации об уровнях мощности, необходимых для достижения пиковой работоспособности, а просто отражает показатели данной гонки. Более современный подход заключается в определении

выходной мощности как времени работы при заданной интенсивности. Этот подход обычно обозначается термином «биннинг». При использовании данного метода все показатели выходной мощности подразделяются на категории или «бины»; каждый бин представляет определенный диапазон интенсивности (например, 100–200 Вт). В результате данной категоризации каждый показатель выходной мощности может быть выражен либо как общее время в каждом «бине» или как процент общего времени [179]. Обычно различные виды соревнований в велоспорте не проводятся при фиксированных показателях выходной мощности, напротив, выходная мощность отличается стохастическим (случайным) характером даже при выполнении индивидуальных заездов. И хотя «биннинг» позволяет определять общее время работы при разных пределах интенсивности, этот метод имеет также слабые стороны. Во-первых, на результаты оказывают влияние выбор диапазона интенсивности для каждого «бина». Часто происходит выбор произвольных «бинов» на основе заданной выходной мощности, нормализованной по отношению к массе тела, например, 5,9-7,9 Вт/кг. Если диапазон интенсивности оказывается слишком широким, то тогда невозможно определить степень детализации данных. Другая проблема состоит в том, что «биннинг» не позволяет определять продолжительность последовательных индивидуальных усилий (нагрузок). Общее время работы в пределах каждого «бина» выходной мощности может отражать либо одну длительную нагрузку, либо множество кратковременных нагрузок. Также применение произвольных «бинов» приводит к тому, что диапазон интенсивности данного «бина», может включать величины выходной мощности, которые могут быть как стабильными, так и нестабильными с физиологической точки зрения. Одним из способов решения данной проблемы является использование физиологических порогов для определения «бинов». Применение данного метода обеспечивает более широкое понимание физиологических аспектов, которые характерны для отдельных спортсменов, соревнующихся в определенной дисциплине.

Однако, при объединении данных множества спортсменов «бины», которые отражают устойчивые физиологические реакции, не обязательно будут содержать одинаковые для всех спортсменов абсолютные или относительные показатели выходной мощности. Применение вариационного анализа воздействия нагрузки («exposure variation analysis» (EVA) частично позволяет преодолеть одну из главных проблем «биннинга» - полученные данные не отражают продолжительность индивидуальных нагрузок. В данном методе применяется система из двух наборов бинов. Один набор бинов применяется традиционным способом для характеристики интенсивности. Бины могут содержать либо произвольные величины, либо физиологические пороговые показатели. Второй набор «бинов» используется для характеристики продолжительности индивидуальных нагрузок (усилий). Он выражает произвольные показатели продолжительности времени, например, 0–5 с, 5–10 с or > 1 мин. И хотя анализ EVA все еще не отражает точную выходную мощность при воздействии индивидуальных нагрузок, он выступает в роли эффективного средства определения стратегии распределения темпа гонки и стохастического (случайного, вариативный) характера выходной мощности во время каждой конкретной гонки [180].

Для характеристики выходной мощности при индивидуальных нагрузках используется метод, основанный на определении средней максимальной выходной мощности «mean maximal power output» (ММР) [181], [182]. ММР характеризуется наиболее высокими средними показателями мощности, регистрируемые в течение заданного (произвольного) периода в течение гонки. Например, самая высокая средняя выходная мощность, в течение 5 мин, обозначается как 5-минутная ММР. Подобные данные по ММР являются очень ценными, поскольку позволяют определить показатели выходной мощности и продолжительности времени, которые должны быть достигнуты велосипедистом для высокой результативности во время гонки. Например, анализ данных по ММР выявил, что призеры генеральной классификации в мужских велогонках Гранд Тура

должны развивать мощность 5,8 Вт/кг в течение 20 мин во время основных подъемов в гору [183], [184]. Данная информация представляет большую ценность для тренеров и других практических работников. При этом существует несколько фундаментальных проблем, связанных с анализом данных по ММР. Во-первых, вызывает сомнения факт о том получены ли данные по ММР действительно при выполнении нагрузок максимальной интенсивности. Практически ни один из показателей ММР, полученных во время гонок, не является максимальным по своей сути. Действительно, если бы велосипедисты выполняли работу с максимальной интенсивностью в любые моменты гонки кроме ее финиша, то это отрицательно сказывалось на их способности преследовать соперников в командных гонках или на стратегию распределения темпа во время индивидуальных заездов. Во-вторых, данные по ММР, полученные для определенного (произвольного) периода времени, могут отражать результаты выполнения лишь части более продолжительной нагрузки или более короткой нагрузки и последующего восстановления [175], [179], [185].

Поэтому данные по ММР характеризуют проделанную велосипедистом работу, а не его потенциал, который можно определить, например, традиционным ступенчатым тестом, но в лабораторных условиях. Необходимо также отметить, что на основе анализа данных по ММР фактически невозможно определить нагрузки, которые будут характерны для победителя в гонке. Выходная мощность велосипедистов снижается на протяжении гонки и показатели ММР не позволяют прогнозировать ее результаты [173], [179], [185], [186].

Вместе с тем результаты гонки можно прогнозировать на основе показателей выходной мощности в ключевых моментах гонки. Например, в спринтерских шоссейных велогонках важную роль играют показатели мощности велосипедистов в заключительные моменты гонки, которые не обязательно будут соответствовать их 10-секундной ММР. Это означает, что при анализе ММР могут быть упущены как раз те самые нагрузки, для

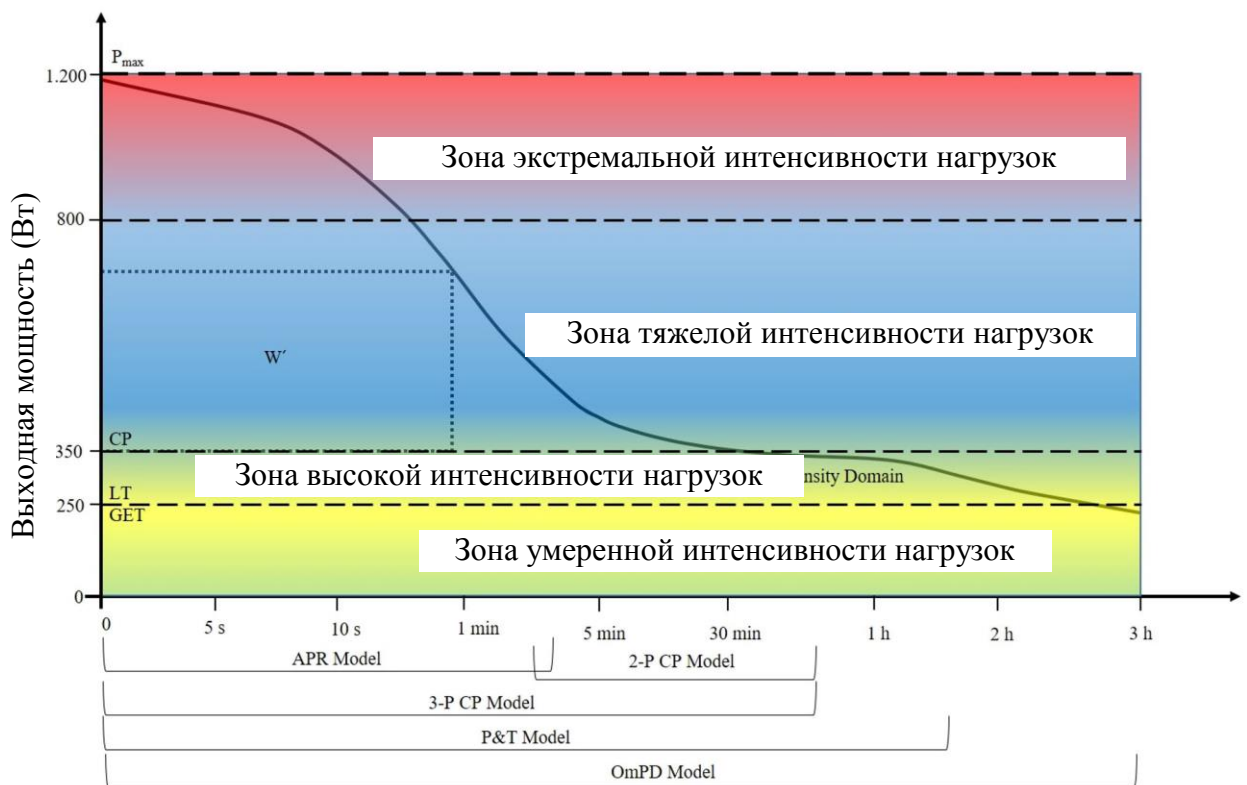
выявления которых он изначально был предназначен [180].

Для более эффективного определения нагрузок, способствующих победе в гонке был разработан подход, основанный на подразделении гонки на отдельные сегменты и регистрации ММР во время каждого из этих сегментов [179], [186], [187]. В настоящее время эти сегменты определяются на основе показателей совершенной работы, либо абсолютных, либо нормализованных относительно массы тела, например, показатели ММР после 2500 кДж работы. При этом данный подход применяется только в шоссейном велоспорте. Шоссейный велоспорт является командным видом спорта, в котором велосипедисты выполняют индивидуальные задачи, например, прикрытие лидера команды, поэтому не каждый велогонщик имеет цель победить в гонке. При этом снижение показателей ММР в условиях увеличения проделанной работы показывает, что некоторые велосипедисты уже просто выполнили свои задачи и больше не прилагают максимальных усилий. Для проверки является ли заданная физическая нагрузка максимальной и соответствует ли продолжительность ММР продолжительности этой нагрузки рекомендуется использовать показатели выходной мощности, полученные в ходе лабораторного тестирования. Сравнение ММР и результатов тестирования (соотношением между мощностью и продолжительностью) позволяет прогнозировать работоспособность спортсменов во время гонок только в течение 6-месячного периода, по истечении которого требуется проведение повторного тестирования. При этом анализ профилирования мощности на основе данных, полученных только во время тренировок, отличается от данных, полученных только во время соревнований [176], [185], [188]. На показатели выходной мощности большое влияние оказывают топография места проведения гонки, продолжительность (однодневная или многодневная) и рейтинг гонки [162], [178], [181], [187]. В профессиональном шоссейном велоспорте в гонках с низким рейтингом более высокие показатели выходной мощности характеризуются короткой продолжительностью (менее 2 мин), а в

гонках высокого уровня сложности – большей продолжительностью (более 10 мин). Высота местности, температура и влажность воздуха также оказывают влияние на выходную мощность велосипедистов. Дополнительное влияние на выходную мощность оказывают члены команды или соперники, применяющие драфтинг, который снижает показатели выходной мощности при заданной скорости, а также условия конкуренции во время гонки и стратегии распределения темпа [189].

С точки зрения физиологии в соотношении мощности и продолжительности нагрузки выделяются зоны умеренной, высокой, тяжелой и экстремальной интенсивности. Существуют различные модели определения соотношения мощности и продолжительности, которые используются для профилирования мощности [190]. Однако большинство моделей характеризуют только какую-либо определенную часть данного соотношения (рисунок 10).

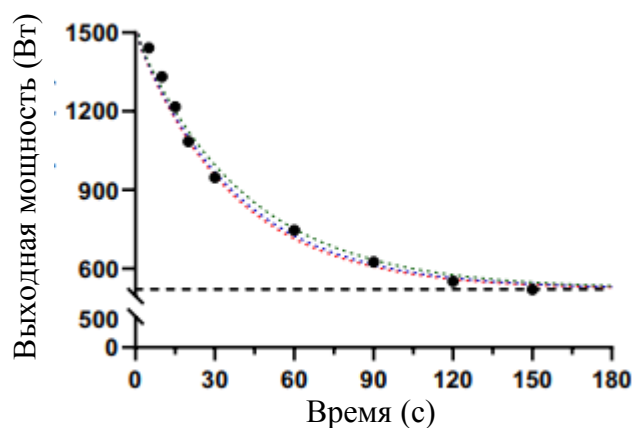
Моделирование выходной мощности в области экстремальной интенсивности физических нагрузок осуществляется на основе показателя резерва анаэробной мощности (APR). При этом можно прогнозировать кратковременные (менее 3 мин) показатели выходной мощности в области экстремальной интенсивности нагрузок, в которой МПК не может быть достигнуто во время работы до отказа. Основанный на РАМ метод разработан для применения в лабораторных условиях, при этом в качестве основных показателей используется максимальная аэробная мощность (МАМ), определяемая во время лабораторного теста с постепенным увеличением нагрузки до максимального уровня, и максимальная мощность, которую создает спортсмен за один оборот педали или за 1 секунду (P_{max}). При этом существует вариант полевого тестирования, в котором вместо МАМ используется показатель 3-минутной кривой средней максимальной выходной мощности (ММР) (рисунок 11, таблица 31) [191].



P_{max} пиковая мощность за 1 с, W' - работа выше уровня критической мощности, CP – критическая мощность, GET – порог газообмена, $APR Model$ – модель резерва анаэробной мощности, $2-P CP Model$ – двухпараметрическая модель критической мощности, $3-P CP Model$ – трехпараметрическая модель критической мощности, $P\&T Model$ – модель Перонне-Тибо, $OmPD Model$ – общезональная модель продолжительности мощности.

Рисунок 10 – Физиологические реакции при разных соотношениях

мощности и продолжительности [180]



Черные точки – регистрируемые показатели выходной мощности при продолжительности 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120 и 150 с; горизонтальная пунктирная линия: резерв анаэробной мощности; зеленая, синяя и красная пунктирные линии показывают кривую продолжительности мощности с константой времени (k), выражающей степень (скорость) экспоненциального спада выходной мощности

Рисунок 11 - Данные, полученные с применением модели резерва анаэробной мощности [191]

Таблица 31 – Основные модели соотношения мощности и продолжительности, соответствующие определенным областям интенсивности физических нагрузок [180]

Зоны интенсивности нагрузки	Модель	Уравнение
Экстремальная	Модель резерва анаэробной мощности	$P_{(t)} = P_{(3-min)} + (P_{(max)} - P_{(3-min)}) \times e^{(-kt)}$ (1)
Экстремальная и тяжелая	Трехпараметрическая модель критической мощности	$t = \frac{W'}{P-CP} + \frac{W'}{CP-P_{max}}$ (2)
Тяжелая	Двухпараметрическая модель критической мощности	$P_{(t)} = \frac{W'}{t} + CP$ (3)
Экстремальная, тяжелая и высокая	Модель Перонне-Тибо	$P_{map(t)} = MAP - A \times Ln\left(\frac{t}{MAP_{TTF}}\right); t > MAP_{TTF}$ (4)
	Общезональная модель продолжительности действия мощности	$P_{(t)} = \frac{W'}{t} \times \left(1 - e^{-t \times \frac{P_{max}-CP}{W'}}\right) + CP; t \leq CP_{TTF}$ $P_{(t)} = \frac{W'}{t} \times \left(1 - e^{-t \times \frac{P_{max}-CP}{W'}}\right) + CP - A \times Ln\left(\frac{t}{CP_{TTF}}\right); t > CP_{TTF}$ (5)

Примечания

1 Уравнение (1): $P(t)$ – выходная мощность, $P_{(3-min)}$ – мощность в 3-минутном полевом тесте, $P_{(max)}$ – пиковая мощность за 1 сек, e – основание натурального логарифма (2,718), k – константа степени (скорости) экспоненциального спада (снижения) выходной мощности, t – время в секундах.

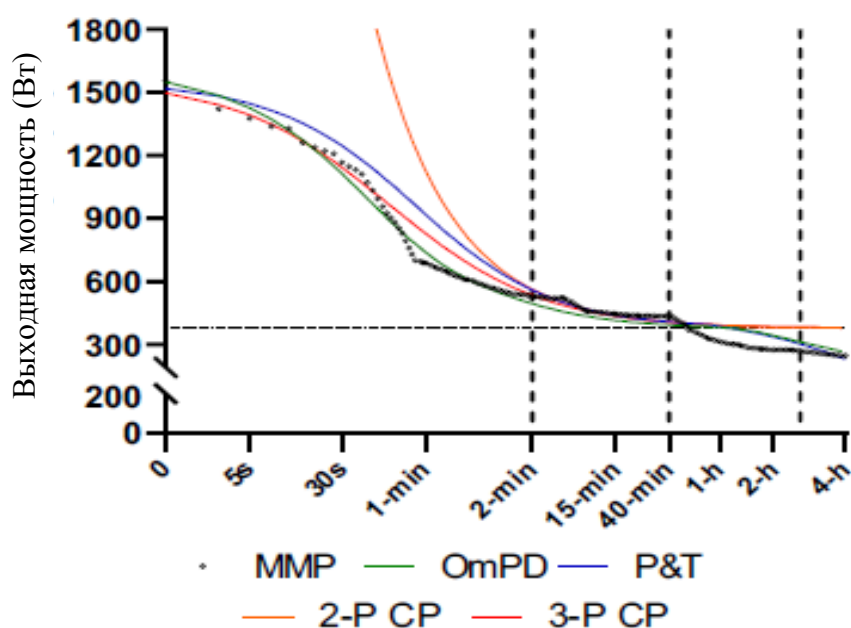
2 Уравнение (2): t – время в секундах, W' - работа выше критической мощности, P – выходная мощность, CP – критическая мощность, $P_{(max)}$ – пиковая мощность в течение 1 с.

3 Уравнение (3): $P(t)$ – выходная мощность, W' - работа выше критической мощности, CP – критическая мощность, t – время в секундах.

4 Уравнение (4): $P_{map(t)}$ – выходная мощность при максимальной аэробной мощности, MAP_{TTF} – время до сбоя задачи при максимальной аэробной мощности, t – время в секундах, A – фиксированная константа спада выходной мощности со временем, Ln – натуральный логарифм по основанию e (2,718).

5 Уравнение (5): $P(t)$ – выходная мощность, W' - работа выше критической мощности, CP – критическая мощность, t – время в секундах, CP_{TTF} - время до сбоя задачи при критической мощности, A – фиксированная константа спада выходной мощности со временем, Ln – натуральный логарифм по основанию e (2,718).

Выходная мощность при экстремальной интенсивности физических нагрузок также прогнозируется с помощью трехпараметрической модели критической мощности (модель 3-P CP), модели Перонне-Тибо (модель P&T) и общезональной (охватывающей все зоны интенсивности физических нагрузок) модели продолжительности действия мощности Пуховича (модель OmPD). Следует отметить, что в модели P&T максимальная (пиковая) мощность (P_{max}) используется как оценочный параметр, в то время модели APR, 3-P CP и OmPD применяют P_{max} в качестве входного параметра. Эти различные подходы к моделированию оказывают значительное влияние на результаты прогнозирования выходной мощности при экстремальной интенсивности физических нагрузок (рисунок 12).



MMP – средняя максимальная мощность, *OmPD* – общезональная модель продолжительности действия мощности, *P&T* – модель Перонне-Тибо, *2-P CP* – двухпараметрическая модель критической мощности, *3-P CP* – трехпараметрическая модель критической мощности; горизонтальная пунктирная линия – асимптота критической мощности; вертикальные пунктирные линии показывают примерный переход между зонами интенсивности (экстремальной, тяжелой, высокой и средней) физических нагрузок.

Рисунок 12 – Различные подходы к моделированию продолжительности мощности по данным MMP [180]

Критическая мощность (КМ) представляет собой теоретическую асимптоту кривой соотношения мощности и продолжительности, позволяя предположить, что данная выходная мощность должна обладать бесконечной устойчивостью. Однако в реальности это не происходит, когда продолжительность физических нагрузок при КМ ограничена 20-40 мин. Поэтому используется условие экспоненциального спада (затухания) ниже критической мощности КМ для прогнозирования показателей выходной мощности в зоне тяжелой интенсивности физических нагрузок (рисунок 10 и таблица 31, уравнения 4 и 5). При этом данное условие спада не обязательно обусловлено физиологическими механизмами утомления при работе в зонах высокой и умеренной интенсивности. На данный момент оно учитывается в лучших моделях оценки толерантности к физическим нагрузкам ниже КМ (таблица 31).

При выборе подхода к моделированию Leo P. с соав. [180] рекомендуют тренерам и другим практическим работникам руководствоваться физиологическими требованиями конкретных спортивных дисциплин или видов тренировок. При этом следует выбрать ту модель, которая позволяет лучше всего прогнозировать соотношение мощности и продолжительности в пределах зон интенсивности, в которых тренируются и соревнуются спортсмены. Например, в трековом велоспорте спад выходной мощности в командном спринте наблюдается исключительно в зоне экстремальной интенсивности физических нагрузок, тогда как выходная мощность в индивидуальной гонке преследования падает как в зоне экстремальной интенсивности, так и в зоне тяжелой интенсивности. В шоссейном велоспорте большая доля снижения выходной мощности происходит в зонах высокой и умеренной интенсивности. При этом показатели выходной мощности в зонах экстремальной и тяжелой интенсивности играют более важную роль в прогнозировании результатов гонки [178]. Заезды на сверхдлинные дистанции совершаются в зоне умеренной интенсивности физической нагрузки, как и экстенсивные

тренировки в велоспорте.

С помощью некоторых представленных моделей можно прогнозировать толерантность к физическим нагрузкам в нескольких зонах интенсивности. Вместе с тем имеются данные, свидетельствующие об уникальном характере физиологических реакций в каждой зоне интенсивности физических нагрузок. Например, когда выходная мощность приближается к критической (при превышении крутящего момента, близкого к критическому) физиологические реакции соответствуют работе в зоне тяжелой интенсивности физических нагрузок [192]. А при значениях выходной мощности немного ниже критической мощности регистрируются физиологические реакции, связанные с работой в зоне высокой интенсивности физических нагрузок. Так же медленный компонент кислородного долга является одной из определяющих характеристик зоны высокой интенсивности физических нагрузок. Меньшие значения медленного компонента, также проявляется в зоне умеренной (средней) интенсивности физических нагрузок. Выраженные изменения физиологических реакций обусловлены не столько работой в каждой зоне интенсивности физических нагрузок, сколько изменением соотношения мощности и продолжительности (рисунок 10). Поэтому график мощности-продолжительности является плавным и не содержит «поворотных точек», так как жесткие пороги между зонами интенсивности отсутствуют. Это также позволяет использовать модели соотношения мощности и продолжительности для прогнозирования толерантности к физическим нагрузкам сразу в нескольких зонах интенсивности (рисунок 10, таблица 31) [180].

Leo P. с соав. [180] указывают, что несмотря на взаимосвязь между основными показателями лабораторных тестов велосипедистов (пиковой выходной мощности, МПК, %МПК, максимальной аэробной мощности (МАМ), функционального использования МАМ, первого и второго лактатных или вентиляционных порогов (VP_1 и VP_2), максимального устойчивого уровня лактата) и эффективностью педалирования, ни один

данных физиологических показателей не может быть использован для определения соотношения мощности и продолжительности с целью профилирования мощности. Критическим компонентом соотношения мощности и продолжительности является граница между зонами высокой и тяжелой интенсивности физических нагрузок, которая разделяет показатели выходной мощности, при которых может и не может быть достигнуто устойчивое состояние. Традиционно максимальное устойчивое состояние лактата (МУСЛ) считается золотым стандартом при определении данной границы между зонами. Вместе с тем существуют данные, что более эффективная оценка максимального устойчивого состояния метаболических систем организма осуществляется с помощью показателя критической мощности (КМ), выражающего наиболее высокую выходную мощность, при которой все еще можно наблюдать устойчивое состояние реакции потребления кислорода (ПК), несмотря на увеличение показателей концентрации лактата в крови [113], [193]-[196].

В научной литературе указывается, что альтернативным подходом оценки максимального метаболического устойчивого состояния организма спортсмена является определение функциональной пороговой мощности (ФПМ) - циклической выходной мощности, которая может поддерживаться в течение одного часа в «квази-устойчивом физиологическом состоянии» [197]. ФПМ таким образом является альтернативой 60-минутной ММР. Также ФПМ может прогнозироваться с помощью определения 95% максимальной выходной мощности при проведении 20-минутного полевого теста или 90% максимальной выходной мощности при проведении 8-минутного полевого теста [174], [198]. В отличие от КМ и МУСЛ, для определения которых требуется несколько попыток, ФПМ можно установить за одну попытку, что обеспечивает данному методу широкую применимость в велоспорте [197]. Однако тогда как КМ и МУСЛ считаются параметрами, определяющими максимальное метаболическое устойчивое состояние, этого нельзя утверждать в отношении ФПМ теста [198]. В то время как МУСЛ и

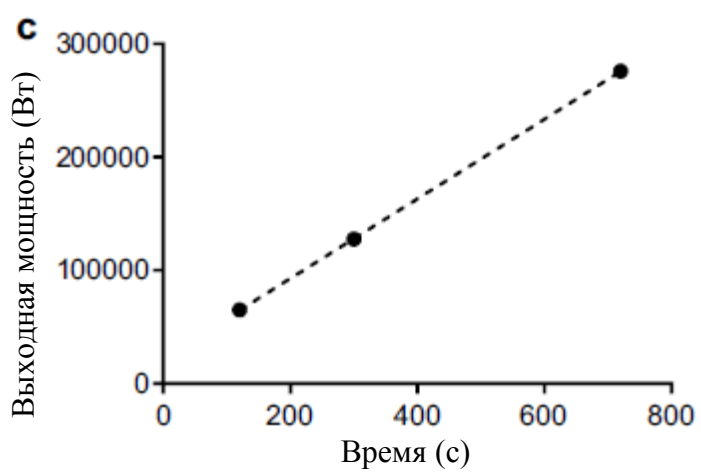
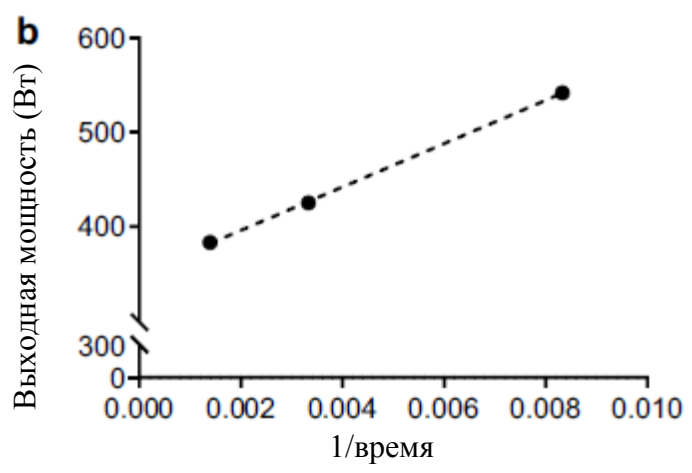
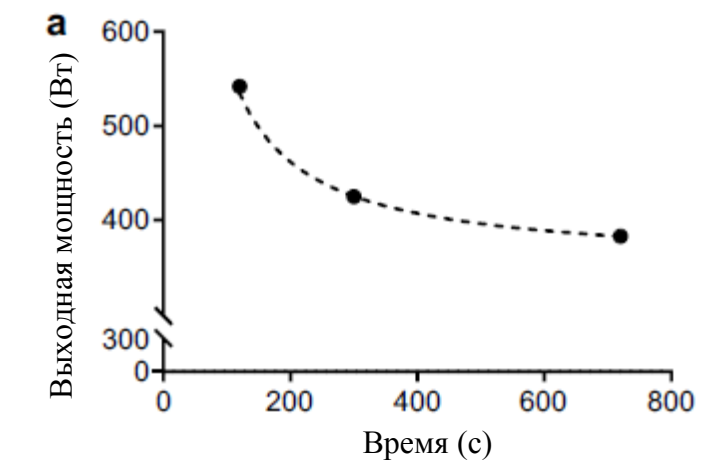
ФПМ представляют собой однопараметрические оценки, концепция КМ используется для прогнозирования времени работы до отказа для ряда показателей выходной мощности в пределах зоны тяжелой интенсивности физических нагрузок и позволяет определить границу между физическими нагрузками в устойчивом и метаболическом неустойчивом состоянии. Вместо «жесткой» границы КМ отражает фазовый переход между зонами высокой и тяжелой интенсивности физических нагрузок [192]. Leo P. с соав. [180] указывают, что концепция КМ обеспечивает получение наиболее достоверных результатов при определении соотношения мощности и продолжительности и рекомендуют ее использование при профилировании мощности.

В настоящее время отсутствует единое мнение о том, какие методы являются наиболее эффективными для определения применяемых для моделирования соотношения мощности и продолжительности параметров, а именно P_{\max} , КМ и работоспособность выше критической мощности (W'). Среди ученых ведутся активные дебаты по поводу того, какие математические модели следует использовать для вычисления показателей КМ и W' [188], [199]. Традиционно выполнение от 3 до 5 прогностических тестов продолжительностью от 2 до 15 минут W' позволяет определить КМ и W' на основе линейной и нелинейной регрессии. Тесты продолжительностью менее 2 мин не позволяют достичь МПК (не обеспечивают работу в зоне тяжелой интенсивности), а тесты более 15 мин не рекомендуются по причине негативного влияния истощения запасов гликогена и психологических факторов (мотивации). Для снижения погрешности при математическом моделировании, а также при расчете КМ и W' , самый короткий тест должен продолжаться от 2 до 5 мин, а самый длинный – от 12 до 15 мин. Период восстановления между отдельными тестами должен составлять минимум 30 мин при однодневном тестировании или 24 ч – при многодневном. Преимущество многодневного тестирования заключается в том, что утомление, вызванное в ходе предшествующего теста, не будет оказывать

влияния на результаты последующего, но возникает вероятность погрешности в связи с суточным изменением выходной мощности. После завершения тестов для прогнозирования работоспособности, показатели выходной мощности и продолжительности могут быть использованы для расчета KM и W' . При определении KM и W' с помощью двух- или трехпараметрических моделей необходимо использовать статистическую компьютерную программу для регрессионного анализа с вычислением взвешенных наименьших квадратов или геометрического среднего [199], [200]. В упрощенном виде для тренеров и специалистов существует два варианта линеаризации гиперболической зависимости между мощностью и продолжительностью. На практике используются либо модели KM с линейным временем работы, либо модели KM с линейной зависимостью мощности от обратной величины времени, где KM и W' определяются наклоном и пересечением графика линейной зависимости (таблица 31, рисунок 13) [190].

В некоторых моделях определения соотношения мощности и продолжительности $P_{\text{макс}}$ выступает в роли дополнительного входного параметра (таблица 31). Оценка $P_{\text{макс}}$ в лабораторных или полевых условиях требует тщательной разработки протоколов тестирования. При оценке $P_{\text{макс}}$ применяется определение максимальной 1-секундной мощности во время выполнения спринтов продолжительностью 4 с, 10 с и 15 с [191], [201]. При воздействии нагрузки продолжительностью более 10 с на $P_{\text{макс}}$ оказывает влияние стратегия распределения темпа велосипедиста [180].

Leo P. с соав. [180] для получения параметров для построения кривой соотношения мощности и продолжительности рекомендуют использовать протокол официального тестирования, включающий одну попытку спринтерского заезда (10–15 с) и три попытки заездов с максимальным усилием продолжительностью от 2 до 15 мин. Эти попытки могут быть выполнены во время одного однодневного тестирования, хотя рекомендуется проводить полевое тестирование в течение двух последовательных дней.



а - гиперболической зависимости, б - обратной величины времени, с - линейного времени работы.

Рисунок 13 – Графики соотношения мощности и продолжительности [180]

Интервалы отдыха между отдельными попытками должны составлять минимум 30 мин активного восстановления (менее 2 баллов оценки

индивидуального восприятия нагрузки). КМ и W' следует определять с помощью нелинейной двухпараметрической модели КМ, при этом как $P_{\text{макс}}$ оценивается как 1-секундная пиковая мощность во время выполнения спринтерского заезда продолжительностью около 10–15 с. Этот протокол позволяет получить достоверные показатели $P_{\text{макс}}$, КМ и W' . после чего можно выбрать оптимальный метод моделирования в зависимости от зон(ы) интенсивности физических нагрузок, что имеет большое значение для анализа гонки и планирования тренировок в заданной дисциплине велоспорта. Перед проведением тестирования необходимо отрегулировать приборы для измерения мощности в целях получения точных и надежных результатов измерений, при этом следует выполнить корректировку нуля или повторную калибровку в соответствии с рекомендациями производителя. Не рекомендуется использовать полевые тесты с однократной физической нагрузкой (заездов на время продолжительностью 8 или 20 мин) для определения ФПМ, поскольку их применение не имеет физиологического обоснования и представляет собой только одну точку на кривой мощность-продолжительность. Также не рекомендуется использовать 3-минутный максимальный тест, поскольку он может привести к завышенной оценке соотношения мощности и продолжительности в зоне тяжелой интенсивности физических нагрузок. Для повышения экологической валидности профилирования мощности необходимо особенно тщательно выбирать метод моделирования мощности-продолжительности на основе биомеханических и физиологических принципов. Стандартизированное лабораторное и полевое тестирование должно проводиться совместно с анализом результативности тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов в целях улучшения прогностической ценности проводимых тестов и эффективности их применения во время тренировок. Также при любом официальном тестировании необходимо учитывать экологические и топографические условия, в которых будет осуществляться профилирование мощности, а также специализацию велосипедиста и требования велогонки (гонка на время

с отдельным стартом в гору или обычная гонка на время с отдельным стартом) [180].

Пиковая выходная мощность (ПВМ) в велоспорте определяется как максимальная выходная мощность за один оборот шатуна за короткий период времени (обычно менее 10 с). ПВМ с высокой точностью измеряется во время велоэргометрического лабораторного тестирования в условиях соответствующих максимальному спринту на велотреке. Данный показатель используется для прогнозирования результативности в спринте на 200 м в трековом велоспорте. При этом максимальная сила мышц определяет уровень ПВМ у велосипедистов элитного уровня. Педалирование с максимальной нагрузкой при большом передаточном числе трансмиссии велосипеда, которое используют велосипедисты-трековики, обеспечивает сокращение времени напряжения активных групп мышц благодаря динамическим характеристикам отдельных сегментов движений. Kordi M. с соав. [202] разработали новый специальный безопасный метод силовой тренировки велосипедистов «квази-изометрическое педалирование» («quasi-isometric cycling») (QIC) для велоспринтеров, имеющих ограничения (хронические травмы позвоночника), связанные с выполнением систематических традиционных силовых тренировок в спортзале. Метод QIC требует от велосипедистов выполнения педалирования с максимальной нагрузкой при минимальном ускорении шатуна и снижении динамических характеристик (таких как момент силы и центростремительная сила), которые могут привести к снижению крутящего момента при развитии угловой скорости (частоты педалирования). При этом 2 силовые тренировки в спортзале заменяются на одну тренировку QIC, которая выполняется совместно с еженедельным проведением 3 тренировок на велотреке, и одной 90-минутной низкоинтенсивной велосипедной тренировки на шоссе в течение 5-недельного блока подготовки. Тренировки QIC выполняются на специально изготовленном эргометре (British Aerospace (BAE) Systems, Фарнборо, Великобритания), максимально воспроизводящем особенности

велоспринта. Инерционная нагрузка эргометра обеспечивается цепным приводом с двумя передачами и маховиком. Для выполнения QIC маховик эргометра переводится в состояние остановки, при этом за счет частичного торможения маховика кабельным хомутом обеспечивается поддержания постоянной скорости вращения маховика и минимизации ускорения. Во время тренировки велосипедист вначале устанавливает ведущий шатун под углом 45° относительно верхней мертвой точки и пытается перевести его вниз до угла 150° от верхней мертвой точки с максимальным усилием, используя обе ноги. Продолжительность времени каждого повторения составляет примерно 5 секунд (около $20^\circ/\text{с}$) (рисунок 14).

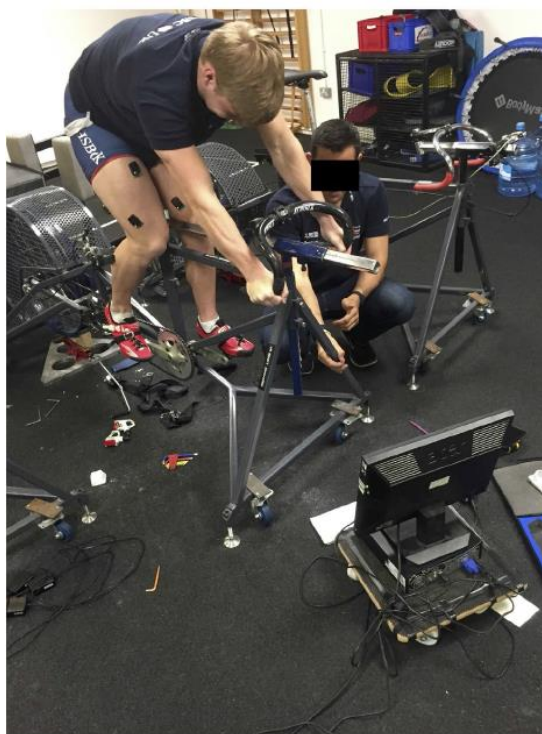


Рисунок 14 – Специальный велоэргометр для QIC тренировки [203]

В течение каждой тренировки QIC велосипедист выполняет 3 подхода из 6 повторений с максимальным усилием. Это упражнение является альтернативой силовым тренировкам в спортзале, например, приседаниям со штангой на плечах, становой тяге и жиму одной ногой на тренажере (наряду с дополнительными упражнениями на силу мышц верхней части тела и кора).

При этом в результате замены 2 еженедельных силовых тренировок в спортзале на одну тренировку по QIC обеспечивает значимое повышение ПВМ у велоспринтеров национального уровня. Необходимо отметить, что частота педалирования при QIC составляет приблизительно 5 об/мин, что приводит к увеличению продолжительности периода напряжения рабочих мышц в положениях нижних конечностей, сходных с движениями во время педалирования на треке, и обеспечивает высокую специфичность упражнения. Вместе с тем за счет минимизации динамических показателей момента силы и центростремительной сила достигается отсутствие ускорения (даже во время оборота педалей), что исключает необходимость двигальной координации. Таким образом QIC усиливает концентрацию нервно-мышечной системы на движении шатуна только в определенном сегменте хода шатуна (педали) в отличие от изокинетического педалирования, предусматривающего вращение педалей с максимальной силой и при низкой частоте [202].

Тренировочный процесс строится на определенных стимулах, которые запускают развитие различных адаптации в организме спортсменов к факторам, определяющим эффективность их спортивной деятельности. Тренеры регулируют это воздействие за счет применения различных средств и методов, например, изменяя интенсивность и продолжительность тренировок, то есть тренировочную нагрузку и, как следствие, на результаты проведения тренировок. Наиболее простым и распространенным методом мониторинга интенсивности тренировки является Оценка индивидуального восприятия нагрузки (ОИВН) («rating of perceived Exertion» (RPE)), которая осуществляется по 10-балльной или 20-балльной шкалам Борга. Интенсивность тренировки может быть низкой (менее 3 или менее 11 баллов), средней (3 - 5 или 11 – 14 баллов) или высокой (более 5 или более 14 баллов) по 10- и 20-балльной системе, соответственно [204]. Также существует метод ОИВН (RPE) во время тренировки (ОИВНт) («session RPE (sRPE)»), который широко применяется в современном спорте и основан на

расчете произведения балльной оценки ОИВН на продолжительность тренировки. Тренировочная нагрузка может быть и внутренней, и внешней. Внешняя тренировочная нагрузка является объективным параметром и не зависит от внутренних характеристик спортсмена. Внутренняя тренировочная нагрузка считается более важным показателем, который характеризует биологический стресс, развивающийся в результате проведения тренировки, и определяет положительное или отрицательное воздействия тренировочного стимула. Основной задачей тренера является планирование интенсивности, продолжительности тренировочной нагрузки при разработке тренировочной программы, которая должна обеспечивать баланс между перегрузками и восстановлением. Слишком высокая тренировочная нагрузка является причиной нефункционального перенапряжения, синдрома перетренированности и повышения риска получения травм. Слишком низкая тренировочная нагрузка приводит к растренированности (снижению работоспособности и результативности соревновательной деятельности). Помимо подобного дисбаланса между тренировочной нагрузкой и восстановлением воздействие одних и тех же напряженных (монотонных) нагрузок в процессе выполнения тренировочной программы также увеличивает риск перетренированности, заболеваемости и травматизма. При этом существует риск расхождения между планируемыми тренером продолжительностью и интенсивностью тренировок и их субъективным восприятием спортсменом. Спортсмены могут воспринимать низкоинтенсивные тренировки как более интенсивные, а высокоинтенсивные тренировки как менее интенсивные, чем это ожидалось тренером. Один и тот же спортсмен может каждый день по-разному воспринимать одну и ту же внешнюю тренировочную нагрузку, причем это процесс носит уникальный и специфический для каждого человека характер. Поэтому перед тренерами стоит важная задача: ежедневное сопоставление ранее запланированной интенсивности тренировки и тренировочной нагрузки с их восприятием отдельными спортсменами. Поскольку ОИВН (RPE)

представляет собой меру измерения на основе внутренней оценки и обладает уникальным характером для каждого велосипедиста, то целесообразно рассматривать зависимость между индивидуальным восприятием интенсивности тренировки и тренировочной нагрузкой, выполненной отдельными спортсменами и соответствующими показателями ОИВН, запланированными тренером [205].

При сравнении запланированной тренером продолжительности тренировки и фактической продолжительностью тренировки велосипедистов Voet J.G. с соав. [205] выявили, что типичные ошибки расчетов для индивидуальных данных продолжительности тренировки велосипедистов в среднем составляет 42 минуты, что свидетельствует о 25% разнице между запланированной тренером и реально выполненной спортсменом тренировкой. Такие различия влияют на эффективность реализации тренировочной программы и снижение работоспособности и результативности соревновательной деятельности спортсменов, поскольку более высокая тренировочная нагрузка приводит к риску перетренированности или травматизма, а более низкая тренировочная нагрузка недостаточна для дальнейшего роста уровня подготовленности. В профессиональном велоспорте руководство со стороны тренера осуществляется в основном дистанционно, что затрудняет непосредственный контроль продолжительности тренировки и обуславливает нарушение согласованности данных по предполагаемой тренером и воспринимаемой спортсменами тренировочной нагрузке.

Voet J.G. с соав. [205] указывают, что на общем уровне (при объединении данных всех спортсменов) статистически значимые различия отсутствовали между ОИВН (RPE) и запланированной тренером ОИВН (пОИВН) (iRPE), а также ОИВН за тренировку ОИВН_т (sRPE) и запланированной тренером ОИВН за тренировку (пОИВН_т) (isRPE). При этом на индивидуальном уровне существуют различия между предполагаемым тренером и воспринимаемым спортсменом тренировочным

стимулом. Причиной данного несоответствия между пОИВНт (isRPE) и ОИВНт (sRPE) является воздействие на велосипедистов многих внешних факторов, таких как обучение и экзамены, нарушения сна, условия окружающей среды, состояние питания, возраст и опыт занятий спортом спортсмена. При этом тренировочная программа разрабатывается тренером на несколько недель вперед, поэтому полностью учесть данные факторы невозможно. Вместе с тем один тренер разрабатывает аналогичные тренировочные программы для множества велосипедистов, но у каждого из этих велосипедистов будет разное восприятие одной и той же тренировки. Различия в интерпретации тренировок между всеми велосипедистами и тренером приводят к более низкой ОИВН (RPE) у велосипедиста по сравнению с запланированной тренером (пОИВН) (iRPE) как при низкой, так и высокой интенсивности нагрузки. При этом, например, тренер переоценивает воздействие на спортсменов высокоинтенсивной тренировки, предполагая, что данная тренировка является очень интенсивной, хотя в действительности оказывается для спортсменов легче, чем ожидалось. В случае проведения низкоинтенсивных тренировок баллы ОИВН велосипедистов также были ниже, по сравнению с баллами пОИВН тренера. Это объясняется применением поляризованной модели тренировок, в основе которой лежит соотношение между низкоинтенсивными и высокоинтенсивными тренировками, которое приблизительно составляет 80/20. Значительное количество низкоинтенсивных тренировок может приводить к тому, что велосипедисты воспринимают данные тренировки как более легкие. Таким образом взаимосвязь между оценками индивидуального восприятия интенсивности нагрузки велосипедиста и тренера отличается уникальным характером для каждого спортсмена, что необходимо учитывать особенно при работе с большой группой спортсменов [205].

3.2 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в велосипедном спорте

Современные тенденции совершенствования планирования и

содержания тренировочного процесса в велоспорте.

В настоящее время существует дефицит исследований, определяющих структуру специфических для велоспорта характеристик периодизации (традиционной по сравнению с блоковой), включая объем и распределение интенсивности тренировок (РИТ) на протяжении сезона.

Соревновательный период в велоспорте в основном начинается в апреле и продолжается до конца сентября, и в этот период велосипедисту необходимо поддерживать оптимальную подготовленность, работоспособность и результативность во время соревнований, общая продолжительность которых достигает 90 дней. После соревновательного периода наступает переходный, в течение 3-5 недель которого велосипедисты отдыхают и восстанавливаются. Следующий за ним подготовительный период необходим для восстановления утраченных физиологических адаптаций и повышения работоспособности к новому соревновательному периоду

Календарь соревнований современных велосипедистов, требует частых пиков работоспособности в соревновательном сезоне в течение относительно коротких периодов времени, обусловили переход от традиционной периодизации (ТП) (разделяющей годичный тренировочный цикл на подготовительный, соревновательный и переходный периоды к блоковая периодизации (БП) тренировок, которая основана на применении периодов высококонцентрированных тренировочных нагрузок (блоков) с учетом оценки их влияния на последующие адаптации организма спортсменов. Такой подход определяет более детализированную и удобную структуру планирования тренировочного процесса.

Тренировочный объем нагрузок у велосипедистов-шоссейников при использовании модели традиционной периодизации (ТП) составляет 7,5-10,8 часов в неделю, а при блоковой периодизации – 8,8-11,7 часов в неделю. Традиционно в литературе выделяют 3 физиологически обусловленные зоны интенсивности физических нагрузок в циклических видах спорта (зоны 1, 2 и

3). Как в пирамидальной, так и в поляризованной модели распределения интенсивности тренировок (РИТ) около 80% общего тренировочного объема приходится на тренировки в зоне 1. Однако в пирамидальной модели РИТ оставшиеся 20% тренировок проводятся в зоне 2 и 3, в то время как в поляризованной модели РИТ эти 20% выполняются главным образом в зоне 3 при как можно более меньшем объеме тренировок в зоне 2. Напротив, пороговая модель РИТ предусматривает высокую долю тренировочного объема в зоне 2 (более 35%), а оставшегося – в зоне 1. В велоспорте также используются модели РИТ, включающие нагрузки в зонах 4 и 5.

В последнее время ученые и эксперты в элитном велоспорте активно обсуждают вопрос о том, какие методы РИТ обеспечивают наиболее высокую эффективность. При этом важнейшим направлением тренировочной деятельности являются применение высокообъемных низкоинтенсивных тренировок (НИТ) (зона 1). Однако следует также отметить, что распределение нагрузок в зонах интенсивности 2 и 3 зависит от тренировочной фазы (цикла) подготовки и специализации спортсмена на определенной соревновательной дистанции (или дисциплины). В большинстве посвященных циклическим видам спорта исследований с участием квалифицированных или элитных спортсменов сообщается о применении пирамидального РИТ с высокой долей высокообъемных НИТ. С другой стороны, поляризованное РИТ также является эффективным для некоторых спортсменов элитного уровня во время определенных фаз сезона. Когда спортсмен тренируется в рамках подготовки к соревнованию в циклических видах спорта, он чаще всего использует модель ТП, которая обычно предусматривает применение разных методов РИТ в течение последовательных периодов времени.

На данный момент отсутствуют основания считать более эффективным применение какой-либо из специальных моделей периодизации (БП или ТП продолжительностью от 8 до 12 недель) или модели ежедневного планирования тренировок по сравнению с другими методами повышения

работоспособности и результативности соревновательной деятельности у квалифицированных велосипедистов-шоссейников. При этом на основании результатов существующих научных исследований для квалифицированных велосипедистов рекомендуется тренировочный объем 7-12 часов в неделю, а для достижения элитного уровня объем тренировок увеличивается еще больше. Кроме того рекомендуется также использовать короткие среднеинтенсивные тренировки (СрИТ) и высокоинтенсивные тренировки (ВИТ), которые соответствуют уровням интенсивности на соревнованиях.

Оптимизация тренировочной нагрузки перед важными соревнованиями имеет большое значение для выхода на пик работоспособности и результативности соревновательной деятельности. Функциональное перенапряжение представляет собой краткосрочное снижение работоспособности, которое, если за ним следует адекватный период восстановления, приводит к проявлению феномена суперкомпенсации (сверхвосстановления) и последующему повышению работоспособности. Традиционный подход к достижению пика работоспособности заключается в применении тренировок с форсированной нагрузкой на протяжении 2-4 недель и последующего периода поэтапного снижения нагрузки в течение 1-3 недель, который называется периодом подводки к соревнованию. Главная цель периода подводки заключается в уменьшении стресса и остаточного утомления от проведения предыдущих тренировок, что позволяет оптимизировать спортивную работоспособность. Однако реализация данного подхода, требующего 3-7-недельного периода подготовки к приоритетным соревнованиям, для многих элитных спортсменов практически невозможна из-за плотного соревновательного графика. Например, спортсмены могут участвовать в серии соревнований на протяжении нескольких месяцев и не иметь возможности использовать традиционные стратегии применения тренировок с форсированной нагрузкой и последующего периода подводки перед главными соревнованиями. Поэтому, вместо того чтобы использовать определенный период форсированной нагрузки перед периодом подводки,

общий для всех видов спорта альтернативный подход заключается в применении одного только периода подводки (простое сокращение тренировочного объема на 40-60% в течение 11-14 дней).

С другой стороны, использование сжатого варианта тренировок с форсированной нагрузкой в форме ВИТ (с короткими рабочими интервалами) и последующего периода подводки вызывает повышение показателей пикового потребления кислорода (ППК) и максимальной выходной мощности (W_{max}), выходной мощности при уровне лактата 4 ммоль/л, а также экономичности педалирования у высококвалифицированных велосипедистов по сравнению с традиционной подводкой (сужением). При этом период форсированной нагрузки длится 6 дней, последующий период подводки с поэтапным снижением нагрузки на 55% - 5 дней. Таким образом, по сравнению с предшествующим периодом подготовки, 6-дневный период форсированной нагрузки характеризуется увеличением среднего объема ежедневных ВИТ и сокращением объемов НИТ и СРИТ, в результате чего общая тренировочная нагрузка не изменяется. При традиционной подводке (11 дней) сохраняется частота ВИТ и сокращается НИТ и СРИТ в течение первых 6 дней, поэтому наблюдается снижение общей тренировочной нагрузки по сравнению с предшествующим периодом подготовки. В течение этих первых 6 дней тренировки с форсированной нагрузкой характеризуются более высокой общей тренировочной нагрузкой и объемом ВИТ, но более низким объемом НИТ по сравнению с традиционной подводкой. В следующий (завершающий) 5-дневный период форсированная нагрузка с подводкой характеризуется значительным сокращением объемов СРИТ и ВИТ. В этот же период в ходе традиционной подводки отмечается дальнейшее снижение нагрузки во всех зонах интенсивности, что обеспечивает снижению ежедневной тренировочной нагрузки по сравнению с предшествующим периодом подготовки. Кратковременная продолжительность периода выполнения ВИТ с форсированной нагрузкой не приводит к развитию утомления,

вызывающего снижение работоспособности, что способствует быстрому восстановлению психологических показателей и проявлению эффекта суперкомпенсации при измерении физиологических параметров. Несмотря на то, что проведение ВИТ с форсированной нагрузкой сопровождается увеличением ежедневного объема ВИТ, одновременное сокращение объемов НИТ и СрИТ не вызывает изменения общей тренировочной нагрузки по сравнению с исходными периодами.

Сохранение физической работоспособности велосипедистами элитного уровня во время переходного периода является важнейшим фактором обеспечения результативности во время соревновательного сезона. При этом использование одной высокоинтенсивной тренировки (ВИТ) в неделю в течение 8-недельного переходного периода позволяет велосипедистам сохранять после переходного периода и поддерживать в течение 16 недель последующего подготовительного периода повышенную физическую работоспособность. Интенсивный тренировочный стимул вызывает развитие реакций адаптации и обеспечивает поддержание работоспособности в последующем тренировочном периоде. При этом ВИТ характеризуются высокой степенью физиологического напряжения, потому велосипедисты элитного уровня сокращают до минимума их применение во время переходного периода. С другой стороны, проведение спринтерских тренировок является более мягкой стратегией сохранения физической работоспособности при сокращении тренировочного объема. Например, использование 30-секундных спринтов способствует повышению анаэробной мощности и аэробных возможностей у спортсменов в циклических видах спорта на выносливость, обеспечивая высокий тренировочный стимул за короткий промежуток времени. Включение спринтерской тренировки в состав низкоинтенсивной тренировки один раз в неделю в течение 3-недельного переходного периода достаточно для достижения высококвалифицированными велосипедистами необходимого уровня подготовленности на протяжении последующих шести недель

подготовительного периода. Таким образом, велосипедистам не требуется много времени для восстановления спортивной формы после переходного периода. При этом у высококвалифицированных велосипедистов не происходит изменений МПК, общей эффективности (КПД) или W_{\max} . Более того, учитывая высокую эффективность спринтерских тренировок для повышения физической работоспособности велосипедистов элитного уровня, целесообразно их использовать также и во время других этапов их тренировочного сезона, например, во время подводки к соревнованиям или других периодов сокращения количества тренировок.

Профилирование мощности в велоспорте чаще всего определяется как оценка показателей выходной мощности в во время тренировок и соревнований. Профилирование мощности применяется для отслеживания долгосрочных изменений работоспособности и для анализа велогонок. При этом в настоящее время среди ученых отсутствует единое мнение о том, какой метод профилирования мощности является наиболее эффективным с учетом множества методологических проблем и подходов к их решению. Для профилирования мощности применяется множество различных методов. Базовым из них является простая регистрация средних показателей мощности во время определенных гонок или турниров. При этом данный подход не дает информации об уровнях мощности, необходимых для достижения пиковой работоспособности, а просто отражает показатели данной гонки. Более современный подход заключается в определении выходной мощности как времени работы при заданной интенсивности. Этот подход обычно обозначается термином «биннинг». При использовании данного метода все показатели выходной мощности подразделяются на категории или «бины»; каждый бин представляет определенный диапазон интенсивности (например, 100–200 Вт). Использование физиологических порогов для определения «бинов» обеспечивает более широкое понимание физиологических аспектов, которые характерны для отдельных спортсменов, соревнующихся в определенной дисциплине.

Применение вариационного анализа воздействия нагрузки («exposure variation analysis» (EVA) частично позволяет преодолеть одну из главных проблем «биннинга» - полученные данные не отражают продолжительность индивидуальных нагрузок. В данном методе применяется система из двух наборов бинов. Один набор бинов применяется традиционным способом для характеристики интенсивности. Второй набор «бинов» используется для характеристики продолжительности индивидуальных нагрузок (усилий). И хотя анализ EVA все еще не отражает точную выходную мощность при воздействии индивидуальных нагрузок, он выступает в роли эффективного средства определения стратегии распределения темпа гонки и стохастического (случайного, вариативного) характера выходной мощности во время каждой конкретной гонки.

Также для характеристики выходной мощности при индивидуальных нагрузках используется метод, основанный на определении средней максимальной выходной мощности «mean maximal power output» (ММР). ММР характеризуется наиболее высокими средними показателями мощности, регистрируемые в течение заданного (произвольного) периода в течение гонки. Подобные данные по ММР являются очень ценными, поскольку позволяют определить показатели выходной мощности и продолжительности времени, которые должны быть достигнуты велосипедистом для высокой результативности во время гонки. Данные по ММР характеризуют проделанную велосипедистом работу, а не его потенциал, который можно определить, например, традиционным ступенчатым тестом, но в лабораторных условиях.

Необходимо также отметить, что на основе анализа данных по ММР фактически невозможно определить нагрузки, которые будут характерны для победителя в гонке. Выходная мощность велосипедистов снижается на протяжении гонки и показатели ММР не позволяют прогнозировать ее результаты. Вместе с тем результаты гонки можно прогнозировать на основе показателей выходной мощности в ключевых моментах гонки. Для более

эффективного определения нагрузок, способствующих победе в гонке был разработан подход, основанный на подразделении гонки на отдельные сегменты и регистрации ММР во время каждого из этих сегментов. В настоящее время эти сегменты определяются на основе показателей совершенной работы, либо абсолютных, либо нормализованных относительно массы тела, например, показатели ММР после 2500 кДж работы. При этом данный подход применяется только в шоссейном велоспорте.

Шоссейный велоспорт является командным видом спорта, в котором велосипедисты выполняют индивидуальные задачи, например, прикрытие лидера команды, поэтому не каждый велогонщик имеет цель победить в гонке. При этом снижение показателей ММР в условиях увеличения проделанной работы показывает, что некоторые велосипедисты уже просто выполнили свои задачи и больше не прилагают максимальных усилий. Для проверки является ли заданная физическая нагрузка максимальной и соответствует ли продолжительность ММР продолжительности этой нагрузки рекомендуется использовать показатели выходной мощности, полученные в ходе лабораторного тестирования. Сравнение ММР и результатов тестирования (соотношение между мощностью и продолжительностью) позволяет прогнозировать работоспособность спортсменов во время гонок только в течение 6-месячного периода, по истечении которого требуется проведение повторного тестирования.

Анализ профилирования мощности на основе данных, полученных только во время тренировок, отличается от данных, полученных только во время соревнований. Существуют различные модели определения соотношения мощности и продолжительности, которые используются для профилирования мощности. Моделирование выходной мощности в области экстремальной интенсивности физических нагрузок осуществляется на основе показателя резерва анаэробной мощности (APR). При этом можно прогнозировать кратковременные (менее 3 мин) показатели выходной

мощности в области экстремальной интенсивности нагрузок, в которой МПК не может быть достигнуто во время работы до отказа. Выходная мощность при экстремальной интенсивности физических нагрузок также прогнозируется с помощью трехпараметрической модели критической мощности (модель 3-P CP), модели Перонне-Тибо (модель P&T) и общезональной (охватывающей все зоны интенсивности физических нагрузок) модели продолжительности действия мощности Пуховича (модель OmPD). Следует отметить, что в модели P&T максимальная (пиковая) мощность (P_{max}) используется как оценочный параметр, в то время модели APR, 3-P CP и OmPD применяют P_{max} в качестве входного параметра. Эти различные подходы к моделированию оказывают значительное влияние на результаты прогнозирования выходной мощности при экстремальной интенсивности физических нагрузок.

Тренерам и специалистам рекомендуется руководствоваться физиологическими требованиями конкретных спортивных дисциплин или видов тренировок при выборе модели прогнозирования соотношения мощности и продолжительности зависит от предела зон интенсивности, в которых тренируются и соревнуются спортсмены. Например, в трековом велоспорте спад выходной мощности в командном спринте наблюдается исключительно в зоне экстремальной интенсивности физических нагрузок, тогда как выходная мощность в индивидуальной гонке преследования падает как в зоне экстремальной интенсивности, так и в зоне тяжелой интенсивности. В шоссейном велоспорте большая доля снижения выходной мощности происходит в зонах высокой и умеренной интенсивности. При этом показатели выходной мощности в зонах экстремальной и тяжелой интенсивности играют более важную роль в прогнозировании результатов гонки.

Представленные модели соотношения мощности и продолжительности позволяют прогнозировать толерантность к физическим нагрузкам в нескольких зонах интенсивности. Критическим компонентом соотношения

мощности и продолжительности является граница между зонами высокой и тяжелой интенсивности физических нагрузок, которая разделяет показатели выходной мощности, при которых может и не может быть достигнуто устойчивое состояние. Традиционно максимальное устойчивое состояние лактата (МУСЛ) считается золотым стандартом при определении данной границы между зонами. Вместе с тем существуют данные, что более эффективная оценка максимального устойчивого состояния метаболических систем организма осуществляется с помощью показателя критической мощности (КМ), выражающего наиболее высокую выходную мощность, при которой все еще можно наблюдать устойчивое состояние реакции потребления кислорода (ПК), несмотря на увеличение показателей концентрации лактата в крови.

В научной литературе указывается, что альтернативным подходом оценки максимального метаболического устойчивого состояния организма спортсмена является определение функциональной пороговой мощности (ФПМ) - циклической выходной мощности, которая может поддерживаться в течение одного часа в «квази-устойчивом физиологическом состоянии». ФПМ таким образом является альтернативой 60-минутной ММР (то есть самой высокой выходной мощности в течение 60 мин). Также ФПМ может прогнозироваться с помощью определения 95% максимальной выходной мощности при проведении 20-минутного полевого теста. В отличие от КМ и МУСЛ, для определения которых требуется несколько попыток, ФПМ можно установить за одну попытку, что обеспечивает данному методу широкую применимость в велоспорте. В то время как МУСЛ и ФПМ представляют собой однопараметрические оценки, концепция КМ используется для прогнозирования времени работы до отказа для ряда показателей выходной мощности в пределах зоны тяжелой интенсивности физических нагрузок и позволяет определить границу между физическими нагрузками в устойчивом и метаболическом неустойчивом состоянии. Вместо «жесткой» границы КМ отражает фазовый переход между зонами высокой и тяжелой интенсивности

физических нагрузок. Концепция КМ обеспечивает получение наиболее достоверных результатов при определении соотношения мощности и продолжительности и рекомендуют ее использование при профилировании мощности.

В настоящее время отсутствует единое мнение о том, какие методы являются наиболее эффективными для определения применяемых для моделирования соотношения мощности и продолжительности параметров, а именно P_{\max} , КМ и работоспособность выше критической мощности (W'). В упрощенном виде для тренеров и специалистов существует два варианта линеаризации гиперболической зависимости между мощностью и продолжительностью. На практике используются либо модели КМ с линейным временем работы, либо модели КМ с линейной зависимостью мощности от обратной величины времени, где КМ и W' определяются наклоном и пересечением графика линейной зависимости. Для получения параметров для построения кривой соотношения мощности и продолжительности рекомендуют использовать протокол официального тестирования, включающий одну попытку спринтерского заезда (10–15 с) и три попытки заездов с максимальным усилием продолжительностью от 2 до 15 мин. Эти попытки могут быть выполнены во время одного однодневного тестирования, хотя рекомендуется проводить полевое тестирование в течение двух последовательных дней. Интервалы отдыха между отдельными попытками должны составлять минимум 30 мин активного восстановления (менее 2 баллов оценки индивидуального восприятия нагрузки). КМ и W' следует определять с помощью нелинейной двухпараметрической модели КМ, при этом как P_{\max} оценивается как 1-секундная пиковая мощность во время выполнения спринтерского заезда продолжительностью около 10–15 с. Этот протокол позволяет получить достоверные показатели P_{\max} , КМ и W' . После чего можно выбрать оптимальный метод моделирования в зависимости от зон(ы) интенсивности физических нагрузок, что имеет большое значение для анализа гонки и планирования тренировок в заданной дисциплине

велоспорта. Не рекомендуется использовать полевые тесты с однократной физической нагрузкой (заездов на время продолжительностью 8 или 20 мин) для определения ФПМ, поскольку их применение не имеет физиологического обоснования и представляет собой только одну точку на кривой мощность-продолжительность. Также не рекомендуется использовать 3-минутный максимальный тест, поскольку он может привести к завышенной оценке соотношения мощности и продолжительности в зоне тяжелой интенсивности физических нагрузок. Для повышения экологической валидности профилирования мощности необходимо особенно тщательно выбирать метод моделирования мощности-продолжительности на основе биомеханических и физиологических принципов. Стандартизированное лабораторное и полевое тестирование должно проводиться совместно с анализом результативности тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов в целях улучшения прогностической ценности проводимых тестов и эффективности их применения во время тренировок. Также при любом официальном тестировании необходимо учитывать экологические и топографические условия, в которых будет осуществляться профилирование мощности, а также специализацию велосипедиста и требования велогонки (гонка на время с отдельным стартом в гору или обычная гонка на время с отдельным стартом)

В научной литературе содержатся сведения о новом специальном и безопасном методе силовой тренировки велосипедистов «квази-изометрическое педалирование» («quasi-isometric cycling») (QIC) для велоспринтеров, имеющих ограничения (хронические травмы позвоночника), связанные с выполнением систематических традиционных силовых тренировок в спортзале. Метод QIC требует от велосипедистов выполнения педалирования с максимальной нагрузкой при минимальном ускорении шатуна и снижении динамических характеристик (таких как момент силы и центростремительная сила), которые могут привести к снижению крутящего момента при развитии угловой скорости (частоты педалирования). Это

упражнение является альтернативой силовым тренировкам в спортзале, например, приседаниям со штангой на плечах, становой тяге и жиму одной ногой на тренажере (наряду с дополнительными упражнениями на силу мышц верхней части тела и кора). При этом в результате замены двух еженедельных силовых тренировок в спортзале на одну тренировку по QIC обеспечивает значимое повышение ПВМ у велоспринтеров национального уровня. Необходимо отметить, что частота педалирования при QIC составляет приблизительно 5 об/мин, что приводит к увеличению продолжительности периода напряжения рабочих мышц в положениях нижних конечностей, сходных с движениями во время педалирования на треке, и обеспечивает высокую специфичность упражнения. Таким образом QIC усиливает концентрацию нервно-мышечной системы на движении шатуна только в определенном сегменте хода шатуна (педали) в отличие от изокинетического педалирования, предусматривающего вращение педалей с максимальной силой и при низкой частоте.

Наиболее простым и распространенным методом мониторинга интенсивности тренировки является Оценка индивидуального восприятия нагрузки (ОИВН) («rating of perceived Exertion» (RPE)), которая осуществляется по 10-балльной или 20-балльной шкалам Борга. Также существует метод ОИВН (RPE) во время тренировки (ОИВНт) («session RPE (sRPE)»), который широко применяется в современном спорте и основан на расчете произведения балльной оценки ОИВН на продолжительность тренировки. Слишком высокая тренировочная нагрузка является причиной нефункционального перенапряжения, синдрома перетренированности и повышения риска получения травм. Слишком низкая тренировочная нагрузка приводит к растренированности (снижению работоспособности и результативности соревновательной деятельности). При этом существует риск расхождения между планируемыми тренером продолжительностью и интенсивностью тренировок и их субъективным восприятием спортсменом. Спортсмены могут воспринимать низкоинтенсивные тренировки как более

интенсивные, а высокоинтенсивные тренировки как менее интенсивные, чем это ожидалось тренером. Один и тот же спортсмен может каждый день по-разному воспринимать одну и ту же внешнюю тренировочную нагрузку, причем это процесс носит уникальный и специфический для каждого человека характер. Поэтому перед тренерами стоит важная задача: ежедневное сопоставление ранее запланированной интенсивности тренировки и тренировочной нагрузки с их восприятием отдельными спортсменами. Поскольку ОИВН (RPE) представляет собой меру измерения на основе внутренней оценки и обладает уникальным характером для каждого велосипедиста, то целесообразно рассматривать зависимость между индивидуальным восприятием интенсивности тренировки и тренировочной нагрузкой, выполненной отдельными спортсменами и соответствующими показателями ОИВН, запланированными тренером.

4 Гребля

4.1 Современные аспекты тренировочного процесса гребцов

Высокоинтенсивные интервальные тренировки (ВИИТ) представляют собой повторяющиеся периоды физических нагрузок, при которых выходная мощность или скорость соответствует зоне максимальной интенсивности. При этом включение в тренировочные планы спортсменов циклических видов спорта высокоинтенсивных тренировок с длинными и короткими рабочими интервалами в дополнение к низкоинтенсивным тренировкам выносливости, способствует повышению уровня физической работоспособности спортсменов по сравнению с применением одних только низкоинтенсивных тренировок на выносливость. Как высокоинтенсивная интервальная тренировка (ВИИТ), так и спринтерская интервальная тренировка (СИТ) становятся все более распространенными тренировочными методами, применяемыми для стимулирования адаптации в ряде требующих выносливости циклических видов спорта. Методика проведения таких тренировок основана на сокращении объема и увеличении интенсивности тренировок для дальнейшего стимулирования роста спортивных результатов.

Основное различие между этими тренировочными методами заключается в соотношении между периодами работы и отдыха, что обуславливает различия в распределении интенсивности тренировочной нагрузки при применении каждого из них. ВИИТ определяется как последовательность повторяющихся рабочих интервалов короткой или средней продолжительности (до 5 минут) которые чередуются с периодами неполного восстановления (соотношение между периодами работы и отдыха обычно - 1:1). При этом интенсивность нагрузки обычно находится на уровне между лактатным порогом (вторым вентиляционным порогом) и максимальным потреблением кислорода (МПК). ВИИТ стимулируют в основном краткосрочные метаболические изменения периферийных мышц, в то время как вызываемые ими структурные адаптации сердечно-сосудистой системы проявляются в течение более длительного периода. СИТ и повторная спринтерская тренировка (ПСТ) были изначально разработаны для командных видов спорта и отдельных циклических видах спорта, но они мало распространены в гребле. ПСТ предусматривает выполнение трех или более коротких (менее 30 с) спринтерских упражнений с максимальной интенсивностью нагрузки, чередующихся с периодами неполного восстановления (менее 60 с), при этом общая продолжительность работы достигает примерно 15 минут. Термины СИТ и СПТ являются в основном взаимозаменяемыми в гребле, и обозначаемые ими тренировки стимулируют высокую степень нервно-мышечного и метаболического стресса, при этом вклад аэробной системы энергообеспечения возрастает в зависимости от количества последовательных спринтерских заездов. В некоторых исследованиях повторные периоды физических нагрузок при спринтерских интервальных тренировках (СИТ) рассматриваются как нагрузки сверхтяжелой (экстремальной) зоны интенсивности (больше выходной мощности или скорости при МПК). Однако чаще всего рабочие интервалы СИТ выполняются при гораздо более высокой интенсивности, обычно более 150% выходной мощности при МПК [206], [207].

В гребле на дистанции 2000 м физическая мышечная работа спортсменов продолжаются 5 мин 30 с – 8 мин и обычно начинается коротким, но с сверхмаксимальной интенсивностью нагрузки старта (около 45 с), за которым следует близкая к максимальной интенсивности работа в течение 4–6 мин и завершается финишным рывком также со сверхмаксимальной интенсивностью нагрузки продолжительностью 45–60 с. Такое распределение интенсивности нагрузки во время гонки требует больших затрат энергии, 70–75% которой производится за счет аэробного метаболизма и 25–30% анаэробным путем превращения энергии. Несмотря на существенный вклад анаэробного метаболизма, около 83% тренировок гребцов выполняется при низкой интенсивности нагрузки, 15-16% - при интенсивности, равной или близкой к анаэробному порогу, и только 1-4% при высоких уровнях интенсивности [208].

Turner К.Л. с соав. [208] представили два варианта сочетания последовательности дополнительных концентрированных блоков интервальных тренировок высокой интенсивности: ВИИТ-СИТ (в течение первых 3 недель выполняются ВИИТ недель, а затем в течение следующих 3 недель – СИТ) и СИТ-ВИИТ (в начале 3 недели СИТ, а затем 3 недели – ВИИТ). Тренировки выполняются на стационарном гребном эргометре Concept II. Минимальная рабочая нагрузка при проведении ВИИТ в течение первого 3-недельного экспериментального периода устанавливается на основе среднего показателя выходной мощности каждого участника во время выполнения теста по гребле на 2000 м в ходе предварительного тестирования. Целевые нагрузки для ВИИТ в течение второго 3-недельного тренировочного блока основаны на средней выходной мощности каждого участника, определяемой при выполнении теста на эффективность гребли на 2000 м во время тестирования, которое проводится в течение недели между двумя 3-недельными периодами. Тренировки ВИИТ или СИТ проводятся три раза в неделю в течение 3 недель (всего 8 тренировок, в течение последней недели запланировано только две тренировки для восстановления). ВИИТ

состоит из 8 рабочих интервалов, выполняемых при 95% средней выходной мощности на дистанции 2000 м, продолжительность каждого интервала составляет 2,5 мин, между рабочими интервалами предусмотрены периоды восстановления продолжительностью 2,5 мин (ВИИТ – 8×2мин 30с, восстановление 2 мин 30 с). СИТ состоит трех подходов по семи интервалов максимальной гребли с полной длиной гребка (130% средней выходной мощности на дистанции 2000 м). Длительность каждого рабочего интервала составляет 30 с (темп – 40 гребков/мин), период восстановления между интервалами – 60 с. После каждого подхода следует 5-минутный период восстановления (СИТ – 3×(7×30 с, восстановление 60 с).

Применение различной последовательности блоков ВИИТ и СИТ способствует повышению результативности гребцов высокой квалификации, при этом изменения показателей эффективности гребли обусловлены дополнительным использованием любого типа высокоинтенсивных интервальных тренировок (ВИИТ или СИТ) и не зависят от специфики рабочих интервалов. Например, блоки ВИИТ и СИТ способствуют улучшению результативности гребли на дистанции 2000 м на 9,0-10,6 и повышению выходной мощности ступенчатого теста на 27-33 Вт после завершения 16 тренировок, что значительно превосходит результат проведения длительных тренировок выносливости. При этом ВИИТ и СИТ обеспечивают улучшение эффективности гребли на 1,5-2,0% уже после восьми тренировок, проводимых в течение 3 недель. Первый 3-недельный тренировочный период вызывает наибольший прирост результативности, независимо от метода тренировки (ВИИТ или СИТ). Ко времени проведения 4-ой тренировки как ВИИТ, так и СИТ, уже способствуют значительному повышению средней выходной мощности во время рабочих интервалов по сравнению с первой тренировкой при каждом из этих двух методов. После пятой тренировки не происходит дальнейшего увеличения выходной мощности ни для одного из данных тренировочных методов. Поэтому для существенного изменения эффективности гребли необходимо не менее пяти

высокоинтенсивных тренировок, а после восьми тренировок наблюдается незначительное улучшение результатов. Во втором 3-недельном блоке индивидуальные реакции спортсменов на тренировки демонстрируют более высокую изменчивость, при этом у большинства гребцов либо отсутствует улучшение показателей результативности гребли, либо достигает незначительного уровня. Независимо от типа высокоинтенсивных тренировок, проводимых во втором блоке, у спортсменов не наблюдается ухудшения результатов. Наиболее эффективной периодизацией высокоинтенсивных тренировок во время соревновательного сезона является планирование восьми высокоинтенсивных тренировок (ВИИТ или СИТ) с периодичностью проведения один раз в течение трех макроциклов (один макроцикл длится 4 недели). Это обеспечивает постепенное повышение результативности гребли на дистанции 2000 метров. При выборе типа экспериментальных тренировок рекомендуется отдавать предпочтение ВИИТ при планировании блока из 8 тренировок, или любого из двух типов высокоинтенсивных интервальных тренировок (ВИИТ или СИТ) при применении блока из 16 тренировок [208].

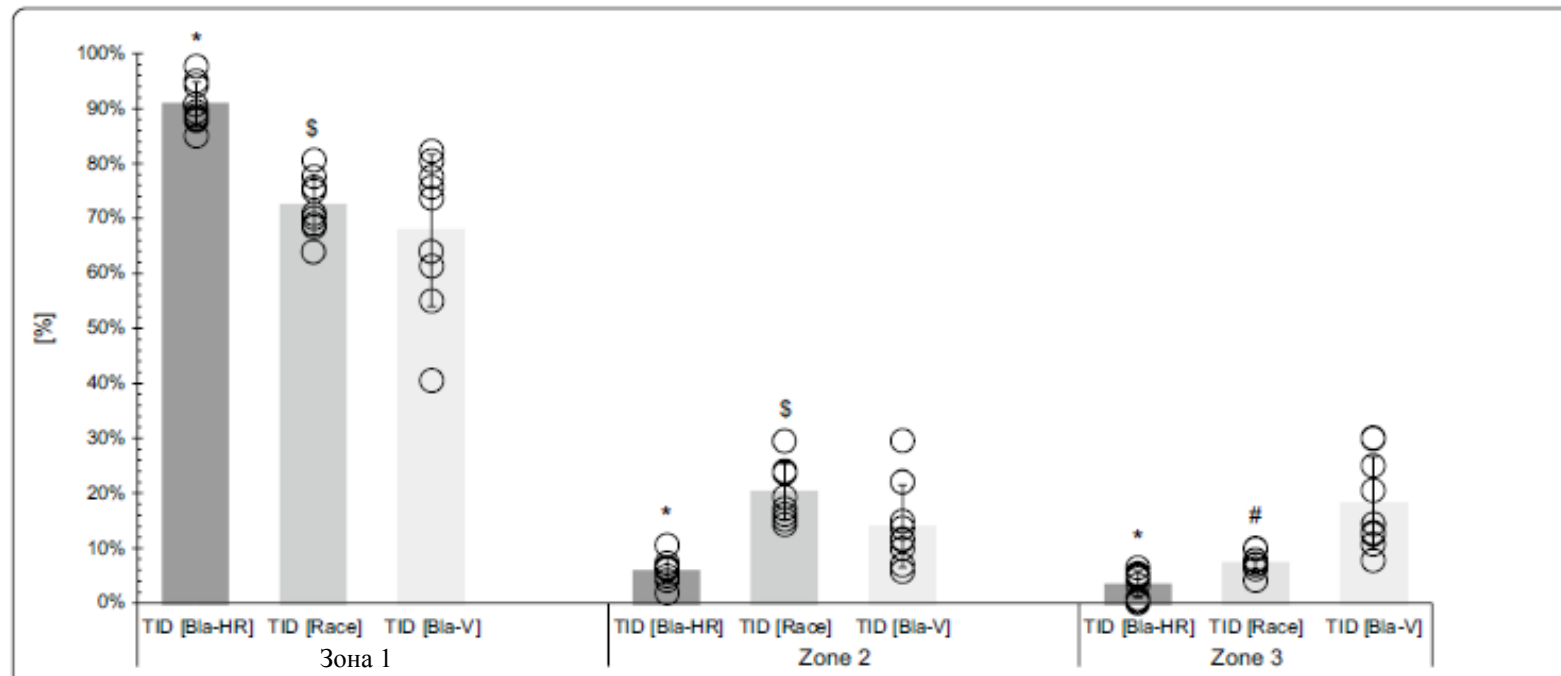
В гребле структурирование интенсивности тренировок обычно осуществляется применением различных моделей зон интенсивности. Чаще всего применяется модель распределения интенсивности тренировок на три зоны: низкой, средней и высокой интенсивности. Эти зоны определяются в на основе физиологических параметров (максимального потребления кислорода (МПК) или концентрации лактата в крови (КЛК)), которые устанавливаются во время ступенчатого теста с возрастающей нагрузкой. Зона 1 характеризует уровень интенсивности ниже аэробного порога (менее 2,5 ммоль/л КЛК или менее 80% МПК), зона 2 – интенсивность физических нагрузок от аэробного до анаэробного порога (2,5–4,0 ммоль/л КЛК или 81–87% МПК), зона 3 соответствует уровню интенсивности выше анаэробного порога (более 4,0 ммоль/л КЛК или более 88% МПК). С целью количественного определения данных зон интенсивности во время

тренировок проводится мониторинг различных внутренних (ЧСС, ПК, КЛК) и внешних (скорость, выходная мощность) показателей. Например, зоны интенсивности по показателям ЧСС ($\text{РИТ}_{\text{КЛК-ЧСС}}$ или $\text{TID}_{\text{Bla-HR}}$) и скорости ($\text{РИТ}_{\text{КЛК-V}}$ или $\text{TID}_{\text{Bla-V}}$) устанавливаются на основе регистрации значений ЧСС и скорости гребли, соответствующих определенным уровням концентрации лактата в крови (КЛК), в ходе проведения ступенчатого нагрузочного теста. При этом зоне 1 соответствуют показатели ЧСС и скорости, начиная от 60% пиковой частоты сердечных сокращений ($\text{ЧСС}_{\text{пик}}$), до уровня КЛК 2,5 ммоль/л; зоне 2 – показатели ЧСС и скорости, при уровне КЛК 2,5–4,0 ммоль/л, и зоне 3 – показатели ЧСС и скорости, превышающих КЛК, равную 4,0 ммоль/л. Уровни лактата 2,5 и 4 ммоль/л соответствуют предельным показателям тренировочных зон для Германской федерации гребли на байдарках и каноэ. Зоны интенсивности на основе показателя темпа гонки определяются для зоны 1 как скорость в диапазоне от 60% $\text{ЧСС}_{\text{пик}}$ и до 85% соревновательного темпа гребли, зона 2 – скорость от 86 до 95% соревновательного темпа и зона 3 – скорость при уровне более 95% соревновательного темпа [209].

Наряду с устанавливаемыми на основе физиологических параметров зонами интенсивности физических нагрузок в научных исследованиях применяются также другие модели распределения интенсивности тренировок (РИТ) в требующих выносливости циклических видах спорта. В настоящее время научные дебаты о преимуществах, связанных с применением различных моделей РИТ, ведутся в большинстве случаев в отношении двух моделей, чаще всего применяемых спортсменами элитного уровня. Первая модель – поляризованное РИТ, которое предполагает использование высоких объемов тренировок, проводимых в зоне 1 и зоне 3 и только малой их долей, приходящейся на зону 2. При этом доля зоны 1 обычно выше зоны 3, а доля зоны 3 всегда выше зоны 2. Вторая модель – пирамидальное РИТ, которое характеризуется высокими объемами тренировок в зоне 1 при постепенном последовательном сокращении долей от зоны 2 к зоне 3 [209].

Результаты сравнительного анализа различных методов количественного определения распределения интенсивности тренировок (РИТ) с применением зон интенсивности нагрузки по показателям ЧСС ($РИТ_{КЛК-ЧСС}$) или скорости гребли ($РИТ_{КЛК-v}$) на основе значений концентрации лактата в крови при проведении многоступенчатого нагрузочного теста, а также по показателям скорости гребле ($РИТ_{темпл гонки}$) в соответствии с соревновательным темпом гонки у высококвалифицированных байдарочников, проведенного Matzka M. с соав. [209] указывают, что доли распределения интенсивности тренировок по методам $РИТ_{КЛК-ЧСС}$ и $РИТ_{КЛК-v}$, существенно отличаются в каждой зоне. При этом $РИТ_{КЛК-ЧСС}$ и $РИТ_{темпл гонки}$ характеризуется пирамидальной структурой, а $РИТ_{КЛК-v}$ в большей степени соответствует поляризованной модели (рисунок 15). Например, пирамидальная модель распределения интенсивности тренировочной нагрузки в зонах 1, 2 и 3 при $РИТ_{КЛК-ЧСС}$ составляет – 91%, 6%, 3%, соответственно, а поляризованная при $РИТ_{КЛК-v}$ – 68%, 14% и 18%, соответственно. В гребле на байдарках основную механическую работу, необходимую для осуществления движение лодки и гребца в условиях сопротивления водной среды, выполняют мышцы верхней части тела спортсмена. При этом байдарочники не обладают способностью выполнять большие объемы работы в зонах высокой интенсивности (зоны 2 и 3) из-за быстрого истощения запасов глюкозы в мышцах верхних конечностей. Поэтому они основную тренировочную работу осуществляют в зоне 1 (низкой интенсивности) по сравнению с другими видами спорта, в которых при выполнении движений задействуются мышцы всего тела или крупные мышцы нижней части тела.

В научной литературе указывается, что распределение интенсивности тренировок на основе ЧСС недостаточно адекватно отражает потребности нервно-мышечной системы при выполнении кратковременных высокоинтенсивных нагрузок, в то время как такие параметры, как скорость, очевидно, способствуют более точному их отражению.



TID [Bla-HR] – Распределение интенсивности тренировок по показателям ЧСС ($PIIT_{\text{КЛК-ЧСС}}$) на основе значений концентрации лактата в крови при проведении ступенчатого нагрузочного теста; TID [Bla-V] – Распределение интенсивности тренировок по показателям скорости гребли ($PIIT_{\text{КЛК-V}}$) на основе значений концентрации лактата в крови при проведении ступенчатого нагрузочного теста; TID [Race] – Распределение интенсивности тренировок по показателям скорости гребле ($PIIT_{\text{Темп гонки}}$) в соответствии с соревновательным темпом гонки; Кружки указывают на процент общего тренировочного времени в каждой зоне интенсивности нагрузки для каждого гребца. * = статистически значимая разница по сравнению с соответствующей зоной $PIIT$ - TID [Bla-V] при $p \leq 0,01$; \$ = статистически значимая разница по сравнению с соответствующей зоной $PIIT$ - TID [Bla-HR] при $p < 0,01$;

= статистически значимая разница по сравнению с соответствующей зоной $PIIT$ - TID [Race] при $p < 0,01$

Рисунок 15 – Показатели интенсивности нагрузок гребцов-байдарочников с учетом разных методов распределения интенсивности тренировок по трем зонам интенсивности [209]

В тренировочных режимах байдарочников часто применяются короткие интервалы с максимальной интенсивностью нагрузки, необходимые для достижения быстрого стартового разгона и повышения результативности преодоления соревновательной дистанции. Поэтому при определении РИТ на основе измерений скорости гребли отмечаются более высокие процентные доли работы в зоне 3 по сравнению с использованием показателей ЧСС, применение которых допускает недооценку продолжительности времени работы в этой зоне интенсивности в спринте гребли на байдарках [210], [211].

Распределение интенсивности на основе $РИТ_{\text{темпа гонки}}$ обнаруживает пирамидальную модель распределения интенсивности тренировок, при этом применение данного метода позволяет получить значительно более широкий диапазон скоростей в зоне 2 ($1,47 \text{ км/ч} \pm 0,12 \text{ км/ч}$) по сравнению с использованием физиологических показателей методами $РИТ_{\text{КЛК-ЧСС}}$ и $РИТ_{\text{КЛК-V}}$ ($0,66 \text{ км/ч} \pm 0,27 \text{ км/ч}$). Использование метода распределения нагрузки на основе темпа гонки обосновано во время соревновательных периодов. Однако, во время подготовительных периодов, характеризующихся меньшим акцентом на достижение оптимального темпа гребли для определенной дистанции, более целесообразно применение методов, основанных на определении пороговых физиологических показателей. Кроме того, переход от методов $РИТ_{\text{КЛК-ЧСС}}$ и $РИТ_{\text{КЛК-V}}$ в течение подготовительных периодов к методу $РИТ_{\text{темпа гонки}}$ во время соревновательного периода способствует развитию специальной адаптации к множеству разнообразных факторов, влияющих на результативность гребли, наравне с традиционными метаболическими изменениями [209].

Спринтерские заплывы в гребле на байдарках-одиночках среди женщин проводятся на олимпийских дистанциях 200 и 500 м (около 38 с и 120 с, соответственно), а среди мужчин на дистанциях 200 и 1000 м (около 34 с и 220 с, соответственно). Короткая продолжительность гребли и преимущественное участие мышц верхней части тела, в составе которых

содержится больше быстрых мышечных волокон (II типа), чем в мышцах нижней части тела, что обуславливает повышенный вклад анаэробного метаболизма в энергообеспечение байдарочников по сравнению с другими видами спорта, требующими преимущественного проявления выносливости. МПК является одним из основных факторов работоспособности в гребле на байдарках и каноэ на более длинных дистанциях. При этом существуют данные, что периферические реакции адаптации, такие как изменение оксигенации (насыщения кислородом) мышц являются более эффективными факторами прогнозирования результативности в гребле на байдарках и каноэ как на коротких, так и на длинных дистанциях. Для этого используется метод спектроскопии в ближней инфракрасной области, позволяющий регистрировать периферические реакции адаптации, связанные с экстракцией кислорода. В этой связи, острая кратковременная ВИИТ ассоциируется с более продолжительным временем работы при близком к МПК потреблении кислорода, в то время как проведение СИТ сопровождается наиболее высоким уровнем дезоксигенации мышц [212]. Таким образом, тренировки, которые повторно вызывают высокие уровни дезоксигенации мышц, стимулирующие необходимые периферические реакции адаптации.

Raquette M. с соав [213] изучили влияния 4-недельных тренировочных программ, предусматривающих выполнение интервальных тренировок (ВИИТ или СИТ), на результативность и параметры мышечной оксигенации, квалифицированных байдарочников. Программа ВИИТ состоит из коротких рабочих интервалов (15 или 30 сек), выполняемые при 110% от максимальной аэробной мощности (МАМ), соотношение между периодами работы и отдыха 1:1, периоды активного восстановления при 50% МАМ. СИТ включают рабочие интервалы гребли максимальной интенсивностью нагрузки на дистанции от 150 м (30 с) до 200 м (40 с), с длительными периодами пассивного восстановления между ними. Все тренировки выполнялись на байдарочном эргометре (таблица 32).

Таблица 32 – Содержание тренировок ВИИТ и СИТ для байдарочников-спринтеров [213]

ВИИТ - высокоинтенсивные интервальные тренировки						
Тренировки	Подходы	Повторения	Рабочие интервалы (с)	Интервалы отдыха (с)	Интенсивность работы	Интенсивность отдыха
1	2	20	15	15	110% МАР (максимальной аэробной мощности)	50% МАР (максимальной аэробной мощности)
2	2	10	30	30		
3	2	20	15	15		
4	2	10	30	30		
5	3	16	15	15		
6	3	8	30	30		
7	3	20	15	15		
8	3	10	30	30		
9	3	20	15	15		
СИТ - спринтерские интервальные тренировки						
Тренировки	Подходы	Повторения	Рабочие интервалы (м)	Интервалы работа + отдых (мин)	Интенсивность работы	Интенсивность отдыха
1	1	4	200	6	Максимальная	Пассивный
2	1	6	150	5		
3	1	5	200	6		
4	1	5	200	6		
5	1	7	150	5		
6	1	6	200	6		
7	1	7	200	6		
8	1	8	150	5		
9	1	7	200	6		

Всего проводится 9 тренировок на протяжении 4-недельного периода с периодами между тренировками продолжительностью минимум 48 ч и максимум 96 ч. Raquette M. с соав. [213] обнаружили, что ВИИТ способствуют более высокому повышению результативности гребли на байдарочном эргометре на дистанциях 200, 500 и 1000 м (на 2,1-3,8%) по сравнению с СИТ (на 0,5%-1,3%). При этом самая значительная разница наблюдается на дистанции 1000 м. Применение ВИИТ с более длинными рабочими интервалами в большей степени способствует повышению результативности выполнения длительных гребных упражнений (более 35 мин) [207]. ВИИТ также вызывают более низкую дезоксигенацию мышц при субмаксимальной интенсивности нагрузки, предположительно из-за повышенного транспорта кислорода в систему микроциркуляции крови. Необходимо отметить, что это не сопровождается изменением пикового потребления кислорода (ППК). При этом во время гребли на дистанции 1000 м отмечается более высокая дезоксигенация в двуглавой мышце плеча и латеральной широкой мышце бедра после выполнения ВИИТ, а применение СИТ приводит к увеличению максимальной дезоксигенации в широчайшей мышце спины. Вместе с тем отсутствуют изменения в максимальной дезоксигенации исследуемых мышц во время гребле на эргометре на дистанциях 200 и 500 м. Повышение результативности гребли на дистанции 1000 м проявляет взаимосвязь с повышенной дезоксигенацией мышц, подтверждая влияние периферических реакций адаптации на результативность спортивной деятельности в гребле на байдарках. Таким образом, наиболее эффективным показателем прогнозирования повышения результативности гребли на дистанции 1000 м в результате проведения интервальных тренировок является повышение максимальной дезоксигенации в широчайшей мышце спины и латеральной широкой мышце бедра [213].

Petrović M. с соав. [214], [215] недавно разработали новый метод оценки эффективности выполнения гребков байдарочниками, который

обладает достаточной чувствительностью для выявления различий между спортсменами, соревнующимися в разных дисциплинах гребли на байдарках. Методика подразумевает использование специальной рельсовой системы, по которой скользит платформа с сиденьем и опорой для ног, при этом платформа соединена тросом с системой грузов. Когда байдарочник выполняет один гребок, он перемещается вместе с платформой вперед. Данное устройство обеспечивает скорость и шаг гребка, соответствующие движению по воде системы «лодка-гребец». Этот метод позволяет осуществлять оценку взаимосвязи между морфологическими характеристиками байдарочников (показателями мышц, участвующих в выполнении гребка) и эффективностью выполнения отдельного (одностороннего) гребка (рисунок 16) [216].



Рисунок 16 – Одногребковый байдарочный тест, выполняемый на специально изготовленном тренажере (Single-stroke kayak test) [214]

4.2 Медико-биологические аспекты подготовки гребцов

Kukic F. с соав. [216] обнаружили корреляцию между показателями индексов массы скелетных мышц (ИМСМ) и массы тела (ИМТ) значениями максимальной силы и максимальной мощности при выполнении одногребкового байдарочного теста (Single-stroke kayak test). При этом взаимосвязь с другими показателями состава тела и антропометрическими характеристиками отсутствовала. Вместе с тем показатели максимальной силы и относительной силы проявляли высокую корреляцию с выходной мощностью. Поэтому, чем выше качественные характеристики мышц, тем больше величина силы и выходной мощности в результате мышечного сокращения. Существуют модели прогнозирования для всех показателей силы и выходной мощности, регистрируемых в ходе выполнения одногребкового байдарочного теста на основе антропометрических характеристик и параметров состава тела. При этом показатели роста, роста сидя, биакромиального расстояния, индекса массы скелетных мышц и процента содержания жира в организме являются факторами прогнозирования в моделях прогнозирования максимальной и относительной силы при выполнении одногребкового байдарочного теста; рост, биакромиальное расстояние, процент массы скелетных мышц – в модели прогнозирования максимальной мощности; и только один показатель роста – в модели прогнозирования относительной мощности. При этом отмечается, что для эффективного перемещения системы «гребец-байдарка» по воде байдарочники, специализирующиеся на 200 м, 500 м и 1000 м должны обладать более длинной верхней частью тела, широкими плечами, большой мышечной силой и выходной мощностью. Таким образом, индекс массы скелетных мышц, процент массы скелетных мышц и процент содержания жира относятся к главным факторам, которые необходимо учитывать при планировании специальных и общефизических тренировок байдарочников, направленных на развитие механических характеристик гребка. При этом для определения уровня адаптаций к тренировкам следует оценивать такие

характеристики состава тела (индекс массы скелетных мышц, процент массы скелетных мышц и процента содержания жира), а оценка антропометрических показателей играет важную роль в процессе отбора. Индекс массы скелетных мышц и процент массы скелетных мышц отражают текущее и кумулятивное воздействие тренировок на мышечную систему байдарочников. Напротив, процент содержания жира указывает на текущие изменения (увеличение обхватных размеров тела), которые свидетельствуют о вероятности возникновения проблем, связанных с тренировочным планом, а также поведением, питанием или состоянием здоровья спортсменов [216].

Существует два разных типа техники гребли: гребля на неподвижно зафиксированном сидении и на подвижном сидении (банке), позволяющем гребцу двигаться от кормы к носу и наоборот. При гребле на подвижном сидении, включая олимпийскую академическую греблю, наиболее важная роль в обеспечении результативности спортивной деятельности принадлежит силе, создаваемой нижней частью тела гребца [217], [218]. В гребле при каждом гребке должно создаваться достаточное количество силы, чтобы придать ускорение лодке. Поэтому двигательные способности гребцов зависят не только от техники выполнения гребков, но также от их биомеханических и физиологических и антропометрических характеристик. При этом эффективность гребли также зависит как от антропометрических переменных (массы тела, роста, длины конечностей), так и от силовой выносливости мышц туловища и конечностей. [219]. Нижние конечности производят примерно 46,6% общей мощности в гребле, туловище – 30,9%, руки и плечи – 22,7%. Следовательно, имеющие пропорциональную длину рычага руки и ноги, а также крупные параметры тела обеспечивают биомеханическое преимущество в гребле. В академической гребле рост тела является лучшим фактором прогнозирования эффективности гребли для спортсменов мужского пола, в то время как у женщин в роли данного фактора выступает мышечная масса [218].

В другой работе Podstawski R. с соав. [220] представили модельные

характеристики антропометрических и физиологических профилей венгерских спортсменок разных возрастных категорий (15-16, 17-18 и 19-21 лет) различного уровня квалификации (международный по сравнению с клубным) (таблица 33). При этом гребчихи старших возрастных категорий обладают более высокими показателями антропометрических и физиологических характеристик по сравнению с более юными спортсменками. Например, старшие (более 17 лет) спортсменки отличаются значительно более высокими показателями веса тела, площади поверхности тела, процента содержания жира в организме, индекса массы тела, размаха рук и толщины кожной складки бедра по сравнению с более молодыми гребчихами (15–16 лет). В старшей юниорской категории эти антропометрические и физиологические показатели значительно выше у гребчих международного уровня. Масса тела в младшей юниорской группе гребцов женского пола значительно ниже, чем у членов старшей юниорской и взрослой групп, а ИМТ в младшей юниорской группе (ближе к нижнему пределу стандартной величины) значительно ниже, чем во взрослой группе (ближе к верхнему пределу стандартной величины). Относительный и абсолютный показатель аэробной способности (МПК) значительно выше у членов взрослой и старшей юниорской групп, чем в младшей юниорской группе, но он не проявляет статистически значимых различий между взрослыми и старшими юниорами. При этом уровень квалификации гребчих не оказывает статистически значимого влияния на антропометрические и физиологические характеристики за исключением членов старшей юниорской группы. Для этой возрастной категории спортсменок элитного уровня характерны самые высокие антропометрические показатели, которые обеспечивают значительно более высокую мощность, результативность на дистанции 2000 м по сравнению с гребцами клубного уровня и при этом достигая значительно более высоких абсолютных показателей МПК (л/мин) (таблицы 34, 35) [220].

Таблица 33 – Средние значения антропометрических, физиологических и двигательных параметров гребчих с учетом возрастных категорий [220]

Показатель	15-16 лет			17-18 лет			19-22 года			
	Ср. знач	СО	Мин-макс значение	Ср. знач	СО	Мин-макс значение	Ср. знач	СО	Мин-макс значение	
Рост(см)	166,63	7,64	156,70-187,10	170,21	6,74	160,00-187,40	171,58	4,14	166,20-179-80	
Масса тела (кг)	60,70	7,08	49,20-76,40	65,95	7,85	53,20-84,10	71,19	6,49	63,20-81,50	
Процента содержания жира (%)	23,81	5,73	13,90-32,10	25,37	6,68	8,30-35,30	30,15	5,52	19,90-36,20	
Масса скелетных мышц (%)	34,15	2,88	29,00-41,30	33,57	4,48	28,00-47,40	31,60	4,02	28,00-40,90	
Индекс массы тела (кг/м ²)	21,86	2,01	18,81-26,42	22,74	2,15	18,48-27,19	24,17	1,84	21,12-26,47	
Рост сидя (см)	88,38	3,89	83,10-100,00	90,60	3,61	85,40-99,90	91,01	2,01	88,00-93,20	
Размах рук (см)	168,22	8,08	155,40-188,00	172,30	7,72	159,50-192,00	176,19	5,56	168,40-185,00	
Длина нижних конечностей (см)	95,86	6,10	85,40-112,40	98,35	5,89	87,90-112,50	96,01	2,85	93,90-102,40	
Площадь поверхности тела (м ²)	1,41	0,22	1,07-1,94	1,56	0,23	1,21-2,19	1,70	0,18	1,52-2,04	
Голщина кожных складок (мм)	двуглавая мышца плеча	10,69	4,07	3,00-22,00	9,73	3,34	5,00-17,00	9,88	2,85	6.00-15.00
	трехглавая мышца плеча	18,89	4,73	10,00-29,00	18,85	4,97	10,00-31,00	22,75	3,45	20.00-29.00
	подлопаточная	14,69	4,31	8,00-24,00	15,27	4,41	9,00-23,00	17,75	3,92	12.00-24.00
	подвздошная	14,33	4,50	6,00-24,00	13,15	4,40	5,00-25,00	15,00	1,31	13.00-17.00
	на животе	17,31	6,65	8,00-36,00	15,15	3,93	7,00-22,00	18,00	4,75	15.00-29.00
	бедренная	24,25	7,19	10,00-38,00	26,42	5,69	14,00-38,00	31,38	5,26	26.00-41.00
	на голени	16,86	5,07	6,00-25,00	16,77	4,28	10,00-25,00	20,13	3,23	15.00-24.00

Продолжение таблицы 33

	15-16 лет			17-18 лет			19-22 года		
	Ср. знач	СО	Мин-макс значение	Ср. знач	СО	Мин-макс значение	Ср. знач	СО	Мин-макс значение
Содержание жира по формуле Pařizková	30,41	4,10	22,90-36,50	31,44	2,52	26,50-36,90	33,00	2,73	27,90-35,60
Пиковая мощность (Вт)	182,09	30,12	129,00-246,00	212,92	27,85	155,00-261,00	254,75	38,24	180,00-294,00
относительная пиковая мощность (Вт/кг)	3,01	0,42	2,25-3,73	3,23	0,36	2,35-4,01	3,57	0,37	2,79-4,12
Результат на дистанции 2000 м (мин)	8,34	0,47	7,50-9,30	7,90	0,36	7,35-8,75	7,45	0,41	7,07-8,32
Расчетное относительное МПК (мл/кг/мин)	52,52	9,98	30,59-67,70	58,37	6,82	41,08-73,26	63,53	6,25	49,82-71,91
Расчетное МПК (л/мин)	3,19	0,71	1,75-4,45	3,85	0,53	2,58-4,67	4,53	0,62	3,22-5,10
Высота прыжка (см)	28,77	4,61	20,70-37,60	27,90	3,10	21,60-33,70	28,39	2,34	25,00-32,90
Максимальная скорость (м/с)	2,29	0,21	1,89-2,65	2,25	0,13	1,97-2,49	2,29	0,11	2,09-2,46
Максимальная сила мышц (Н)	1282,25	194,70	950-1916	1370,39	145,40	1124-1690	1489,38	146,00	1319-1708
Относительная максимальная мощность (Вт/кг)	40,42	5,94	30,10-52,70	38,95	3,86	30,60-45,70	38,91	3,36	32,7-42,4

Таблица 34 – Антропометрические, физиологические и двигательные параметры гребчих-юниорок младшего возраста с учетом уровня квалификации [220]

Показатель	Международный уровень		Клубный уровень	
	Ср. знач	СО	Ср. знач	СО
Кожные складки:				
подлопаточная	12,36	2,77	15,72	4,50
подвздошная	11,91	3,78	15,40	4,43
на животе	13,91	4,78	18,80	6,87
бедренная	20,00	6,47	26,12	6,79
на голени	14,00	5,42	18,17	4,41
Относительная максимальная мощность (Вт/кг)	3,21	0,45	2,91	0,37

Таблица 35 - Антропометрические, физиологические и двигательные параметры гребчих-юниорок старшего возраста с учетом уровня квалификации [220]

Показатель	Международный уровень		Клубный уровень	
	Ср. знач	СО	Ср. знач	СО
Рост(см)	172,89	6,94	167,53	5,55
Масса тела (кг)	69,34	7,26	62,56	7,12
Размах рук (см)	176,59	6,74	168,00	6,23
Длина нижних конечностей (см)	101,22	5,51	95,47	4,88
Площадь поверхности тела (м ²)	1,67	0,23	1,46	0,19
Кожная складка на животе	13,39	2,96	16,92	4,07
2000м (Вт)	223,54	23,02	200,36	28,78
Результат на дистанции 2000 м (мин)	7,76	0,28	8,06	0,38
Расчетное МПК (л/мин)	4,06	0,41	3,61	0,57

4.3 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в гребле

Современные тенденции совершенствования тренировочного процесса гребцов.

Высокоинтенсивная интервальная тренировка (ВИИТ), так и спринтерская интервальная тренировка (СИТ) становятся все более распространенными тренировочными методами, применяемыми для

стимулирования адаптации в ряде требующих выносливости циклических видов спорта, в том числе и гребле. Методика проведения таких тренировок основана на сокращении объема и увеличении интенсивности тренировок для дальнейшего стимулирования роста спортивных результатов. Основное различие между этими тренировочными методами заключается в соотношении между периодами работы и отдыха, что обуславливает различия в распределении интенсивности тренировочной нагрузки при применении каждого из них. ВИИТ определяется как последовательность повторяющихся рабочих интервалов короткой или средней продолжительности (до 5 минут) которые чередуются с периодами неполного восстановления (соотношение между периодами работы и отдыха обычно - 1:1). При этом интенсивность нагрузки обычно находится на уровне между лактатным порогом (вторым вентиляционным порогом) и максимальным потреблением кислорода (МПК). ВИИТ стимулируют в основном краткосрочные метаболические изменения периферийных мышц, в то время как вызываемые ими структурные адаптации сердечно-сосудистой системы проявляются в течение более длительного периода. Термины СИТ и СПТ являются в основном взаимозаменяемыми в гребле, и обозначаемые ими тренировки стимулируют высокую степень нервно-мышечного и метаболического стресса, при этом вклад аэробной системы энергообеспечения возрастает в зависимости от количества последовательных спринтерских заездов. В некоторых исследованиях повторные периоды физических нагрузок при спринтерских интервальных тренировках (СИТ) рассматриваются как нагрузки сверхтяжелой (экстремальной) зоны интенсивности (больше выходной мощности или скорости при МПК). Однако чаще всего рабочие интервалы СИТ выполняются при гораздо более высокой интенсивности, обычно более 150% выходной мощности при МПК. ПСТ предусматривает выполнение трех или более коротких (менее 30 с) спринтерских упражнений с максимальной интенсивностью нагрузки, чередующихся с периодами неполного

восстановления (менее 60 с), при этом общая продолжительность работы достигает примерно 15 минут.

В гребле на дистанции 2000 м физическая мышечная работа спортсменов продолжаются 5 мин 30 с – 8 мин и обычно начинается коротким, но с сверхмаксимальной интенсивностью нагрузки старта (около 45 с), за которым следует близкая к максимальной интенсивности работа в течение 4–6 мин и завершается финишным рывком также со сверхмаксимальной интенсивностью нагрузки продолжительностью 45–60 с. Такое распределение интенсивности нагрузки во время гонки требует больших затрат энергии, 70–75% которой производится за счет аэробного метаболизма и 25–30% анаэробным путем превращения энергии. Несмотря на существенный вклад анаэробного метаболизма, около 83% тренировок гребцов выполняется при низкой интенсивности нагрузки, 15-16% - при интенсивности, равной или близкой к анаэробному порогу, и только 1-4% при высоких уровнях интенсивности

В современной научной литературе представлены два варианта сочетания последовательности дополнительных концентрированных блоков интервальных тренировок высокой интенсивности: ВИИТ-СИТ (в течение первых 3 недель выполняются ВИИТ недель, а затем в течение следующих 3 недель – СИТ) и СИТ-ВИИТ (в начале 3 недели СИТ, а затем 3 недели – ВИИТ). Тренировки ВИИТ или СИТ проводятся три раза в неделю в течение 3 недель (всего 8 тренировок, в течение последней недели запланировано только две тренировки для восстановления). ВИИТ состоит из 8 рабочих интервалов, выполняемых при 95% средней выходной мощности на дистанции 2000 м, продолжительность каждого интервала составляет 2,5 мин, между рабочими интервалами были предусмотрены периоды восстановления продолжительностью 2,5 мин (ВИИТ – 8×2мин 30с, восстановление 2 мин 30 с). СИТ состоит трех подходов по семи интервалов максимальной гребли с полной длиной гребка (130% средней выходной мощности на дистанции 2000 м). Длительность каждого рабочего интервала

составляет 30 с (темп – 40 гребков/мин), период восстановления между интервалами – 60 с. После каждого подхода следует 5-минутный период восстановления (СИТ – 3×(7×30 с, восстановление 60 с). Применение различной последовательности блоков ВИИТ и СИТ способствует повышению результативности гребцов высокой квалификации, при этом изменения показателей эффективности гребли обусловлены дополнительным использованием любого типа высокоинтенсивных интервальных тренировок (ВИИТ или СИТ) и не зависят от специфики рабочих интервалов. Например, блоки ВИИТ и СИТ способствуют улучшению результативности гребли на дистанции 2000 м и повышению выходной мощности ступенчатого теста) после завершения 16 тренировок, что значительно превосходит результат проведения длительных тренировок выносливости. При этом ВИИТ и СИТ обеспечивают улучшение эффективности гребли уже после восьми тренировок, проводимых в течение 3 недель. Первый 3-недельный тренировочный период вызывает наибольший прирост результативности, независимо от метода тренировки (ВИИТ или СИТ). Во втором 3-недельном блоке индивидуальные реакции спортсменов на тренировки демонстрируют более высокую изменчивость, при этом у большинства гребцов либо отсутствует улучшение показателей результативности гребли, либо достигает незначительного уровня. Независимо от типа высокоинтенсивных тренировок, проводимых во втором блоке, у спортсменов не наблюдается ухудшения результатов. Наиболее эффективной периодизацией высокоинтенсивных тренировок во время соревновательного сезона является планирование восьми высокоинтенсивных тренировок (ВИИТ или СИТ) с периодичностью проведения один раз в течение трех макроциклов (один макроцикл длится 4 недели). Это обеспечивает постепенное повышение результативности гребли на дистанции 2000 метров. При выборе типа экспериментальных тренировок рекомендуется отдавать предпочтение ВИИТ при планировании блока из 8 тренировок, или любого из двух типов высокоинтенсивных интервальных тренировок (ВИИТ или СИТ) при

применении блока из 16 тренировок.

В гребле структурирование интенсивности тренировок обычно осуществляется применением различных моделей зон интенсивности. Чаще применяется модель распределения интенсивности тренировок на три зоны: низкой, средней и высокой интенсивности. Эти зоны определяются в на основе физиологических параметров (максимального потребления кислорода (МПК) или концентрации лактата в крови (КЛК)), которые устанавливаются во время ступенчатого теста с возрастающей нагрузкой. Зона 1 характеризует уровень интенсивности ниже аэробного порога (менее 2,5 ммоль/л КЛК или менее 80% МПК), зона 2 – интенсивность физических нагрузок от аэробного до анаэробного порога (2,5–4,0 ммоль/л КЛК или 81–87% МПК), зона 3 соответствует уровню интенсивности выше анаэробного порога (более 4,0 ммоль/л КЛК или более 88% МПК). Для количественного определения данных зон интенсивности во время тренировок проводится мониторинг различных внутренних (ЧСС, ПК, КЛК) и внешних (скорость, выходная мощность) показателей. Например, зоны интенсивности устанавливаются на основе регистрации значений ЧСС и скорости гребли, соответствующих определенным уровням концентрации лактата в крови (КЛК), в ходе проведения ступенчатого нагрузочного теста. Зоны интенсивности на основе показателя темпа гонки определяются для зоны 1 как скорость в диапазоне от 60% ЧСС_{пик} и до 85% соревновательного темпа гребли, зона 2 – скорость от 86 до 95% соревновательного темпа и зона 3 – скорость при уровне более 95% соревновательного темпа.

Наряду с устанавливаемыми на основе физиологических параметров зонами интенсивности физических нагрузок в научных исследованиях применяются также другие модели распределения интенсивности тренировок (РИТ). Первая модель – поляризованное РИТ, которое предполагает использование высоких объемов тренировок, проводимых в зоне 1 и зоне 3 и только малой их долей, приходящейся на зоне 2. При этом доля зоны 1 обычно выше зоны 3, а доля зоны 3 всегда выше зоны 2. Вторая модель –

пирамидальное РИТ, которое характеризуется высокими объемами тренировок в зоне 1 при постепенном последовательном сокращении долей от зоны 2 к зоне 3.

Имеются сведения, что доли распределения интенсивности тренировок по показателям ЧСС или скорости гребли на основе значений концентрации лактата, существенно отличались в каждой зоне. При этом распределение интенсивности по ЧСС и темпу гонки характеризуется пирамидальной структурой, а распределения интенсивности по показателю скорости в большей степени соответствует поляризованной модели. Например, пирамидальная модель распределения интенсивности тренировочной нагрузки в зонах 1, 2 и 3 при РИТ по ЧСС составляет – 91%, 6%, 3%, соответственно, а поляризованная при РИТ по скорости – 68%, 14% и 18%, соответственно. В научной литературе указывается, что распределение интенсивности тренировок на основе ЧСС недостаточно адекватно отражает потребности нервно-мышечной системы при выполнении кратковременных высокоинтенсивных нагрузок, в то время как такие параметры, как скорость, очевидно, способствуют более точному их отражению. При определении РИТ на основе измерений скорости гребли отмечаются более высокие процентные доли работы в зоне 3 по сравнению с использованием показателей ЧСС, применение которых допускает недооценку продолжительности времени работы в этой зоне интенсивности

Распределение интенсивности на основе темпа гонки соответствует пирамидальной модели распределения интенсивности тренировок, при этом применение данного метода позволяет получить значительно более широкий диапазон скоростей в зоне 2 ($1,47 \text{ км/ч} \pm 0,12 \text{ км/ч}$) по сравнению с использованием физиологических показателей методами РИТ по ЧСС и РИТ по скорости ($0,66 \text{ км/ч} \pm 0,27 \text{ км/ч}$). Использование метода распределения нагрузки на основе темпа гонки обосновано во время соревновательных периодов. Однако, во время подготовительных периодов, характеризующихся меньшим акцентом на достижение оптимального темпа

гребли для определенной дистанции, более целесообразно применение методов, основанных на определении пороговых физиологических показателей.

Спринтерские заплывы в гребле на байдарках-одиночках характеризуются короткой продолжительностью гребли и преимущественным участием мышц верхней части тела, в составе которых содержится больше быстрых мышечных волокон (II типа), чем в мышцах нижней части тела, что обуславливает повышенный вклад анаэробного метаболизма в энергообеспечение байдарочников. МПК является одним из основных факторов работоспособности в гребле на байдарках и каноэ на более длинных дистанциях. При этом существуют данные, что периферические реакции адаптации, такие как изменение оксигенации мышц являются более эффективными факторами прогнозирования результативности в гребле на байдарках и каноэ как на коротких, так и на длинных дистанциях. Для этого используется метод спектроскопии в ближней инфракрасной области, позволяющий регистрировать периферические реакции адаптации, связанные с экстракцией кислорода. ВИИТ также вызывают более низкую дезоксигенацию мышц при субмаксимальной интенсивности нагрузки. Это связывают с повышенным транспортом кислорода в систему микроциркуляции крови. Улучшение результативности гребли на дистанции 1000 м проявляет взаимосвязь с повышенной дезоксигенацией мышц, подтверждая влияние периферических реакций адаптации на результативность спортивной деятельности в гребле на байдарках. Наиболее эффективным показателем прогнозирования повышения результативности гребли на дистанции 1000 м в результате проведения интервальных тренировок является повышение максимальной дезоксигенации в широчайшей мышце спины и латеральной широкой мышце бедра.

Медико-биологические аспекты подготовки гребцов.

В современной научной литературе описаны модельные

характеристики антропометрических и физиологических профилей гребчих разных возрастных категорий (15–16, 17–18 и 19–21 лет) различного уровня квалификации. При этом спортсменки старших возрастных категорий обладают более высокими показателями антропометрических и физиологических характеристик по сравнению с более юными спортсменками. Например, старшие (более 17 лет) спортсменки отличаются значительно более высокими показателями веса тела, площади поверхности тела, процента содержания жира в организме, индекса массы тела, размаха рук и толщины кожной складки бедра по сравнению с более молодыми гребчихами (15–16 лет). В старшей юниорской категории эти антропометрические и физиологические показатели значительно выше у гребчих международного уровня. Масса тела в младшей юниорской группе гребцов женского пола ниже, чем у членов старшей юниорской и взрослой групп, а ИМТ в младшей юниорской группе значительно ниже, чем во взрослой группе. Относительный и абсолютный показатель аэробной способности (МПК) значительно выше у членов взрослой и старшей юниорской групп, чем в младшей юниорской группе, при этом отсутствуют статистически значимые различия между взрослыми и старшими юниорами.

Существует взаимосвязь между показателями индексов массы скелетных мышц (ИМСМ) и массы тела (ИМТ) значениями максимальной силы и максимальной мощности при выполнении одногребкового байдарочного теста (single-stroke kayak test – SSKT). Существуют модели прогнозирования для всех показателей силы и выходной мощности, регистрируемых в ходе выполнения одногребкового байдарочного теста на основе антропометрических характеристик и параметров состава тела. При этом показатели рост (ДТ), роста сидя (ДТС), биакромиального расстояния (БАР), индекса массы скелетных мышц и процента содержания жира (ПСЖ) в организме являются факторами прогнозирования в моделях прогнозирования максимальной и относительной силы при выполнении одногребкового байдарочного теста; рост, биакромиальное расстояние,

процент массы скелетных мышц – в модели прогнозирования максимальной мощности; и только один показатель роста – в модели прогнозирования относительной мощности. Исходя из вышеизложенного байдарочники, специализирующиеся на 200 м, 500 м и 1000 м должны обладать более длинной верхней частью тела, широкими плечами, большой мышечной силой и выходной мощностью.

При гребле на подвижном сидении, включая гребной спорт, наиболее важная роль в обеспечении результативности спортивной деятельности принадлежит силе, создаваемой нижней частью тела гребца. Двигательные способности гребцов зависят не только от техники выполнения гребков, но также от их биомеханических и физиологических и антропометрических характеристик. Нижние конечности производят примерно 46,6% общей мощности в гребле, туловище – 30,9%, руки и плечи – 22,7%. Следовательно, имеющие пропорциональную длину рычага руки и ноги, а также крупные параметры тела обеспечивают биомеханическое преимущество в гребле. В гребном спорте рост тела является лучшим фактором прогнозирования эффективности гребли для спортсменов мужского пола, в то время как у женщин в роли данного фактора выступает мышечная масса.

Недавно был разработан новый метод оценки эффективности выполнения гребков байдарочниками. Он подразумевает использование специальной рельсовой системы по которой скользит платформа с сиденьем и опорой для ног, при этом платформа соединена тросом с системой грузов. Когда байдарочник выполняет один гребок, он перемещается вместе с платформой вперед. Этот метод позволяет осуществлять оценку взаимосвязи между морфологическими характеристиками байдарочников (показателями мышц, участвующих в выполнении гребка) и эффективностью выполнения отдельного (одностороннего) гребка.

5 Триатлон

5.1 Основные модельные показатели подготовленности высококвалифицированных триатлонистов

Триатлон представляет собой вид спорта, который включает в себя три дисциплины: плавание, велогонку и бег, которые на соревнованиях проводятся последовательно в данном порядке. При этом между дисциплинами предусмотрены переходные периоды, во время которых спортсмены меняют спортивную одежду обувь и инвентарь, необходимые для преодоления следующей дисциплины. Таким образом, триатлонисты проходят через две транзитные зоны: первая - между плавательным этапом и велогонкой, вторая между велоэтапом и беговой дисциплиной.

Одной из отличительных особенностей соревнований по триатлону – это «драфтинг», который подразумевает использование тактически выгодного положения триатлонистов позади других спортсменов, обеспечивающего определенные энергетические преимущества во время велогонки. Применение драфтинга разрешено во время этапа велогонки на официальных коротких дистанциях. Однако во время соревнований по триатлону на средних и длинных дистанциях драфтинг – запрещен (таблица 36) [221].

Таблица 36 – Официальные дистанции в триатлоне [221]

	Плавание	Велогонка	Бег
Командная эстафета	от 250 до 300 м	от 5 до 8 км	от 1,5 до 2 км
Суперспринт	от 250 до 500 м	от 6,5 до 13 км	от 1,7 до 3,5 км
Спринт	до 750 м	до 20 км	до 5 км
Стандартная дистанция (Олимпийская дистанция)	1500 м	40 км	10 км
Средняя дистанция	от 1900 до 3000 м	от 80 до 90 км	от 20 до 21 км
Длинная дистанция	1000 м и 4000 м	100 км и 200 км	10 км и 42,2 км

Для определения основных модельных характеристик триатлонистов мужского и женского пола, обуславливающих эффективность их спортивной деятельности на спринтерских и стандартной дистанциях, необходимо учитывать различные физиологические, антропометрические, биомеханические и тактические факторы. При этом, получение наиболее ценной информация связано с исследованиями триатлонистов высокой

квалификации, при этом важно учитывать гендерные различия между спортсменами [221].

В научной литературе содержатся сведения, что первые 10 позиций рейтинга уровня Мировой серии по триатлону (WTS) занимают спортсмены в возрасте от 26 до 32 лет. При этом средний возраст пика спортивной результативности триатлонистов мужского и женского пола составляет 27,1-28 лет и 26,6-27 лет, соответственно. Причем большинство спортсменов высокого уровня квалификации в триатлоне (особенно мужского пола – 32%) родились в первой четверти года; во втором квартале - 30%, в третьем – 21% - и в четвертом - 17%. При этом 80% медалистов олимпийских игр мужского пола в триатлоне также родились в первой четверти года. А между триатлонистками, рожденными в первой и второй четверти года, различия в количестве завоеванных олимпийских медалей отсутствуют. Несмотря на то, что оптимальная результативность соревновательной деятельности в триатлоне обычно достигается в возрасте около 30 лет, в последние годы молодые триатлонисты в возрасте 20 лет также демонстрируют высокие результаты на главных соревнованиях, что указывает на необходимость обновления данных, характеризующих возрастные особенности триатлонистов элитного уровня [221].

Анализ антропометрических (морфологических) характеристик триатлонистов элитного уровня, в основном включает показатели роста, веса и количества жировой ткани (в виде доли содержания жирового компонента в организме, или суммы толщины кожно-жировых складок) (таблица 2). Существует значимая взаимосвязь между параметрами низкого процентного содержания жира в организме, длины сегментов тела (руки в плавании и ноги в велогонке и беге) и результативностью выполнения определенных этапов триатлона. Например, крупные размеры кистей рук ($19,7 \pm 0,7$ у мужчин и $18,2 \pm 1,0$ у женщин) и стоп (размер обуви: $43,3 \pm 2,8$ у мужчин и $38,3 \pm 1,6$ у женщин) существенно влияют на эффективность плавания. Средний рост у женщин-триатлонисток остается неизменным на протяжении многих лет и

составляет около 167 см, однако, у них наблюдается тенденция к снижению веса тела с 60 кг до 55 кг. Это связывают со снижением процента содержания жира в организме, средний показатель которого составляет $19,27\% \pm 1,94\%$. У триатлонистов мужского пола средний рост составляет 180 см, а вес – на уровне 70 кг. При этом у мужчин в последнее время отмечается снижение процента содержания жира в организме ниже 10%, а его средний показатель составляет $8,77\% \pm 1,62\%$ [222] (таблица 37). Тем не менее, модельные антропометрические характеристики триатлонистов элитного уровня, по мнению ряда ученых, не определяется параметрами роста и веса. При этом в процессе выявления и отбора талантов следует учитывать показатели длины сегментов тела, а также низкое содержание жира в организме [221].

Среди главных факторов, которые оказывают влияние на работоспособность и результативность соревновательной деятельности триатлонистов элитного уровня, физиологические параметры исследуются наиболее часто. Например, показатели максимального потребления кислорода (МПК) и вентиляционного порога (VP_2), параметры сердечно-сосудистой и дыхательной системы, системы крови и гормоны [221].

МПК относится к наиболее исследуемым параметрам триатлонистов как в абсолютном значении, так и в отношении к весу тела, однако чаще используются относительные показатели МПК. В результате воздействия тренировок выносливости развиваются реакции адаптации сердечно-сосудистой системы, например, увеличение ударного объема сердца в следствии увеличения размеров и массы левого желудочка, которые приводят к повышению МПК. Относительный показатель МПК у триатлонисток элитного уровня составляет в среднем $67,3 \pm 23,79$ мл/кг/мин. У триатлонистов мужского пола МПК обычно превышает 70 мл/кг/мин. Показатель VP_2 также широко применяется в триатлоне элитного уровня (таблица 38). Триатлонисты выполняют более половины гонки с интенсивностью выше второго вентиляционного порога (VP_2). Поэтому поддержание показателей ПК на уровне интенсивности VP_2 , близкой к МПК,

Таблица 37 – Обобщенные показатели антропометрического профиля триатлонистов элитного уровня (среднее значение \pm стандартное отклонение) [221], [222]

Кол-во спортсменов, пол	Возраст (лет)	Вес (кг)	Рост (см)	Σ складок (мм)	Жир (%)
2 ♀	23,0 \pm 4,2	54,5 \pm 3,3	168,5 \pm 9,2	-	16,6 \pm 0,7
5 ♀	25 \pm 7,0	59,3 \pm 5,8	167 \pm 4,2	-	19,5 \pm 2,4
26 ♀	25,6 \pm 4,3	53,8 \pm 3,8	163,2 \pm 5,4	67,7 \pm 17,6 ⁽⁸⁾	19,8 \pm 3,1
9 ♀	27,9 \pm 5,0	60,3 \pm 6,6	167,2 \pm 5,4	-	21,2 \pm 2,9
19 ♀	29,0 \pm 3,0	59,3 \pm 4,7	168,3 \pm 4,4	62,8 \pm 13,4 ⁽⁸⁾	-
10 ♀	27,1 \pm 3,5	56,4 \pm 6,1	167,0 \pm 6,8	25,9 \pm 9,4 ⁽⁴⁾	-
56 ♀	27,7 \pm 4,1	54,2 \pm 4,5	167 \pm 6,0	-	-
4 ♂	22,5 \pm 1,9	71,4 \pm 4,2	184 \pm 41,0	34,4 \pm 1,8 ⁽⁶⁾	6,5 \pm 0,5
10 ♂	29 \pm 10,0	69 \pm 4,0	174 \pm 5,0	-	7 \pm 2,0
9 ♂	26 \pm 2,0	67,8 \pm 2,1	177 \pm 20,0	42,8 \pm 3,9 ⁽⁶⁾	7,3 \pm 0,4
6 ♂	25,3 \pm 4,2	69,9 \pm 4,6	175,2 \pm 4,5	38,9 \pm 5,7 ⁽⁶⁾	7,6 \pm 0,6
4 ♂	23,3 \pm 2,9	66,7 \pm 6,5	167,8 \pm 4,4	-	7,8 \pm 0,5
5 ♂	24,8 \pm 5,6	71,9 \pm 6,8	172 \pm 3,0	-	8,3 \pm 0,4
6 ♂	24,8 \pm 5,6	71,9 \pm 6,8	180,2 \pm 8,6	-	8,3 \pm 0,4
6 ♂	24 \pm 5,6	71,2 \pm 8,7	180,0 \pm 8,8	-	8,5 \pm 0,6
5 ♂	23 \pm 4,0	72,1 \pm 4,7	181 \pm 1,6	-	9,7 \pm 2,4
65 ♂	26,0 \pm 4,3	68,5 \pm 5,0	178,0 \pm 5,2	48,4 \pm 9,4 ⁽⁸⁾	9,9 \pm 2,2
6 ♂	24,7 \pm 1,3	69,3 \pm 1,9	177,5 \pm 2,0	-	10,1 \pm 0,8
9 ♂	24,8 \pm 2,6	70,2 \pm 5,2	177,9 \pm 4,8	-	10,4 \pm 2,1
11 ♂	23,4 \pm 2,8	74,5 \pm 4,3	187,0 \pm 2,90	-	10,7 \pm 1,4
8 ♂	23,5 \pm 3,6	66,0 \pm 5,1	174,4 \pm 4,9	-	11,8 \pm 0,5
19 ♂	26,3 \pm 4,4	72,6 \pm 6,0	180,1 \pm 5,9	48,3 \pm 10,2 ⁽⁸⁾	-
8 ♂	24,8 \pm 2,1	71,4 \pm 7,3	180,5 \pm 9,3	22,3 \pm 0,5 ⁽⁴⁾	-
55 ♂	28,3 \pm 4,2	67,6 \pm 5,3	180 \pm 6,0	-	-

Примечания

1 ♀ - Женщины.

2 ♂ - Мужчины.

3 Σ складок (в скобках указано количество кожно-жировых складок).

Таблица 38 – Обобщенные показатели МПК у триатлонистов элитного уровня (среднее значение \pm стандартное отклонение) [221], [222]

Лабораторный тест	Кол-во спортсменов, пол	Возраст (лет)	Вес (кг)	МПК (мл/кг/мин)	МПК (л/мин)
Велоэргометрия	3 ♀	26,9 \pm 4,7	55 \pm 2,6	67,3 \pm 0,7	-
	5 ♀	25 \pm 7,0	59,3 \pm 5,8	61,3 \pm 4,6	3,6 \pm 0,4
	9 ♀	27,9 \pm 5,0	60,3 \pm 6,6	61,0 \pm 5,0	3,7 \pm 0,4
	6 ♀	27 \pm 4,0	57 \pm 5,0	60,9 \pm 7,0	-
	6 ♂	24 \pm 5,6	71,2 \pm 8,7	77,8 \pm 3,6	-
	6 ♂	24,8 \pm 5,6	71,9 \pm 6,8	77,4 \pm 4,6	-
	5 ♂	24,8 \pm 5,6	71,9 \pm 6,8	77,6 \pm 5,1	4,9 \pm 0,2
	6 ♂	21,8 \pm 2,4	69,9 \pm 7,3	75,9 \pm 5,2	5,3 \pm 0,4
	5 ♂	25,4 \pm 0,8	72,2 \pm 3,4	75,7 \pm 2,3	-
	9 ♂	24,8 \pm 2,6	70,2 \pm 5,2	74,3 \pm 4,4	5,2 \pm 0,3
	9 ♂	26 \pm 2,0	67,8 \pm 2,1	72,9 \pm 2,0	4,9 \pm 0,2
	6 ♂	30 \pm 6,0	67 \pm 5,0	71,7 \pm 5,4	-
	8 ♂	24,7 \pm 2,1	71,4 \pm 7,3	70,5 \pm 6,5	-
	5 ♂	23 \pm 4,0	72,1 \pm 4,7	69,9 \pm 4,5	5,0 \pm 0,4
	5 ♂	26,9 \pm 4,7	67 \pm 5,0	69,8 \pm 5,3	-
	6 ♂	25,3 \pm 4,2	69,9 \pm 4,6	64,7 \pm 5,7	4,6 \pm 0,3
5 ♂	25,7 \pm 1,0	71,6 \pm 3,3	64,4 \pm 1,2	-	
Тредмил-тестирование	2 ♀	23,0 \pm 4,2	54,5 \pm 3,3	74,0 \pm 0,1	-
	10 ♀	27,1 \pm 3,5	56,4 \pm 6,1	65,6 \pm 6,0	-
	5 ♀	25 \pm 7,0	59,3 \pm 5,8	63,2 \pm 3,6	3,7 \pm 0,3
	6 ♂	21,8 \pm 2,4	69,9 \pm 7,3	78,5 \pm 3,6	5,5 \pm 0,3
	5 ♂	25,4 \pm 0,8	72,2 \pm 3,4	76,3 \pm 3,2	-
	4 ♂	23,3 \pm 2,9	66,7 \pm 6,5	76,0 \pm 6,9	-
	5 ♂	23 \pm 4,0	72,1 \pm 4,7	74,7 \pm 5,3	5,3 \pm 0,5
	4 ♂	22,5 \pm 1,9	71,4 \pm 4,2	72,8 \pm 2,2	-
	11 ♂	23,4 \pm 2,8	74,5 \pm 4,3	72,0 \pm 4,3	5,5 \pm 0,3
	8 ♂	24,7 \pm 2,1	71,4 \pm 7,3	71,8 \pm 7,6	-
8 ♂	21 \pm 1,0	73 \pm 4,0	69,7 \pm 4,7	-	
5 ♂	25,7 \pm 1,0	71,6 \pm 3,3	69,5 \pm 1,0	-	

Примечания

1 ♀ - Женщины.

2 ♂ - Мужчины.

3 МПК - Максимальное потребление кислорода.

позволяет триатлонистам выдерживать физические нагрузки высокой интенсивности в течение более длительного времени, что повышает уровень их работоспособности и результативности соревновательной деятельности.

Показатели ПК при интенсивности нагрузки на уровне ВП₂ для триатлонистов обобщены в таблице 39. При этом триатлонистки способны поддерживать стабильные показатели ПК на уровне более 80% МПК. У мужчин средний показатель процента от МПК составляет $84,41\% \pm 2,72\%$, при этом у них наблюдается значительная вариация данных в пределах от 81% до 87% МПК. Способность к выполнению субмаксимальной рабочей нагрузки при низком проценте МПК имеет важное значение в триатлоне и проявляет высокую взаимосвязь с результативностью в любой из трех его дисциплин. Вырабатываемые в ходе проведения тренировок реакции адаптации сердечно-сосудистой, энергетической и нервно-мышечной систем способствуют улучшению экономичности движений у триатлонистов высокого уровня [221].

Таблица 39 – Обобщенные показатели ПК при ВП₂ у триатлонистов элитного уровня (среднее значение \pm стандартное отклонение) [221], [222]

Лабораторный тест	Кол-во, пол	Возраст (лет)	Вес (кг)	ВП ₂ (мл/кг/мин)	ВП ₂ (%МПК _{макс})
Велоэргометр	9 ♀	$27,9 \pm 5,0$	$60,3 \pm 6,6$	-	$80,5 \pm 7,9$
	9 ♂	$26 \pm 2,0$	$67,8 \pm 2,1$	-	$86,2 \pm 1,6$
	9 ♂	$24,8 \pm 2,6$	$70,2 \pm 5,2$	-	$83,9 \pm 4,5$
	6 ♂	$25,3 \pm 4,2$	$69,9 \pm 4,6$	-	$83 \pm 5,0$
	5 ♂	$24,8 \pm 5,6$	$71,9 \pm 6,8$	-	$81,0 \pm 4,4$
Тредмил	4 ♂	$22,5 \pm 1,9$	$71,4 \pm 4,2$	$64 \pm 2,94$	$87,94 \pm 1,59$
	8 ♂	$21 \pm 1,0$	$73 \pm 4,0$	$52,9 \pm 4,0$	-

Примечания

1 ♀ - Женщины.

2 ♂ - Мужчины.

3 ВП₂ – Второй вентиляционный порог.

Физиологические реакции адаптации сердечно-сосудистой системы, развивающиеся в результате интенсивных тренировочных воздействий,

способствуют повышению работоспособности триатлонистов. Показатель соотношения между частотой сердечных сокращений (ЧСС) и ПК широко используется для контроля интенсивности тренировок. При этом параметр резерва ЧСС является наиболее эффективным индикатором работоспособности в триатлоне, однако вместо него чаще применяется $ЧСС_{\text{макс}}$ (таблица 40). Например, средняя ЧСС (ударов в минуту) на этапе велогонки Кубка Мира достигает 165 ± 5 , что составляет в среднем $91\% \pm 4\%$ от $ЧСС_{\text{макс}}$.

Таблица 40 – Обобщенные показатели $ЧСС_{\text{макс}}$ у триатлонистов элитного уровня (среднее значение \pm стандартное отклонение) [221], [222]

Лабораторный тест	Кол-во, пол	Возраст (лет)	Вес (кг)	$ЧСС_{\text{макс}}$ (уд/мин)
Велоэргометр	3 ♀	$26,9 \pm 4,7$	$55 \pm 2,6$	$185,7 \pm 13,1$
	9 ♀	$27,9 \pm 5,0$	$60,3 \pm 6,6$	$184,3 \pm 7,1$
	9 ♂	$24,8 \pm 2,6$	$70,2 \pm 5,2$	$187,6 \pm 8,9$
	6 ♂	$24 \pm 5,6$	$71,2 \pm 8,7$	$186 \pm 3,0$
	6 ♂	$24,8 \pm 5,6$	$71,9 \pm 6,8$	$184 \pm 4,0$
	9 ♂	$26 \pm 2,0$	$67,8 \pm 2,1$	$183 \pm 5,0$
	5 ♂	$26,9 \pm 4,7$	$67 \pm 5,0$	$180,8 \pm 5,4$
	5 ♂	$25,7 \pm 1,0$	$71,6 \pm 3,3$	$177 \pm 3,0$
	6 ♂	$25,3 \pm 4,2$	$69,9 \pm 4,6$	$176 \pm 14,0$
	6 ♂	$21,8 \pm 2,4$	$69,9 \pm 7,3$	$174 \pm 3,0$
	5 ♂	$24,8 \pm 5,6$	$71,9 \pm 6,8$	$172 \pm 3,0$
Тредмил	10 ♀	$27,1 \pm 3,5$	$56,4 \pm 6,1$	$186,6 \pm 4,9$
	4 ♂	$22,5 \pm 1,9$	$71,4 \pm 4,2$	$191 \pm 9,3$
	6 ♂	$21,8 \pm 2,4$	$69,9 \pm 7,3$	$184 \pm 5,0$
	5 ♂	$25,7 \pm 1,0$	$71,6 \pm 3,3$	$182 \pm 5,0$

Примечания

1 ♀ - Женщины.

2 ♂ - Мужчины.

3 $ЧСС_{\text{макс}}$ - максимальная частота сердечных сокращений.

При этом у кандидатов в олимпийскую сборную Великобритании гипертрофия миокарда межжелудочковой перегородки составляет $10,4 \pm 1,5$ мм у мужчин и $9,2 \pm 0,9$ мм – у женщин; внутренний диаметр левого желудочка у мужчин – $54,9 \pm 3,1$ мм, у женщин – $50,2 \pm 2,1$ мм, толщина задней стенки желудочка у мужчин – $9,8 \pm 1,5$ мм, у женщин – $9,3 \pm 0,9$ мм;

масса левого желудочка у мужчин – 274 ± 64 г, у женщин – 207 ± 34 г. Подобные гипертрофические изменения сердца являются результатом совместного воздействия тренировок силы и выносливости, необходимых для достижения высокого уровня работоспособности в триатлоне уровня элиты [221].

Работоспособность в элитном триатлоне также связана с максимально возможными показателями вентиляции легких. Большие возможности адаптации дыхательных мышц к различным условиям мышечной работы у триатлонистов высокого класса, обеспечивает им более высокую стабильность респираторных показателей по сравнению с менее квалифицированными спортсменами. У триатлонисток элитного уровня средний показатель максимальной вентиляции легких (МВЛ) составляет $123 \pm 19,7$ л/мин. Триатлонисты элитного уровня на беговой дорожке добиваются показателей МВЛ – $140,1 \pm 17,8$ л/мин, а на велоэргометре – $135,5 \pm 22,0$ л/мин. Еще одним важным параметром дыхательной системы для триатлонистов элитного уровня является индекс газообмена – соотношение между выдыхаемым CO_2 и вдыхаемым O_2 . Имеются сведения, что данный параметр у мужчин во время проведения теста на велоэргометре составляет $1,14 \pm 0,04$, а на беговой дорожке – $1,11 \pm 0,4$ без существенных различий между данными типами тестирования. При этом объем дыхательного потока у триатлонистов-мужчин элитного уровня во время максимальной нагрузки, при велоэргометрии равен $3,02 \pm 0,59$ л, при тестировании на беговой дорожке – $2,77 \pm 0,34$ л, а частота дыхания равна $45,3 \pm 4$ вдохов/мин и $51,1 \pm 6,4$ вдохов/мин, соответственно [221].

Исследование крови высококвалифицированных триатлонистов после соревнований на олимпийской дистанции выявило понижение уровня лактатдегидрогеназы и тропонина сТnТ. При этом значимые изменений в содержании креатинкиназы, изофермента креатинкиназы СК-МВ, миоглобина и гематокрита отсутствуют. В условиях имитации проведения соревнований в триатлоне высокого уровня средние показатели КЛК после

этапа плавания (1500 мин в бассейне) составляют $6,8 \pm 2,1$ ммоль/л, а после этапа велогонки (60 мин с максимальной скоростью) – $5,2 \pm 1,5$ ммоль/л. При этом в результате 20 мин бега при $74,4\% \pm 4,9\%$ МПК после предварительной 30минутного педалирования при $71,7\% \pm 9,8\%$ МПК показатель КЛК составляет $2,6 \pm 1,1$ ммоль/л. При этом известно, что интенсивность на уровне 50% $В\dot{P}_1$ является наиболее эффективной для выведения (элиминации) лактата во время бега [221].

В спорте высших достижений наибольший интерес у ученых вызывают исследования двух гормонов – кортизола и тестостерона. При этом концентрация этих гормонов в слюне относится к потенциальным факторам прогнозирования работоспособности в триатлоне. Основные реакции физиологической адаптации у триатлонистов являются типичными для любого циклического вида спорта на выносливость. При этом триатлон относится к видам спорта, отличающимся высокой продолжительностью физической нагрузки, в условиях соревнований или их имитации. Поэтому для него характерны довольно высокие показатели ЧСС и КЛК. Эти физиологические реакции развиваются у спортсменов на протяжении многих лет тренировок, при этом важно учитывать их эволюцию в период роста триатлонистов на разных стадиях развития юных спортсменов или применяемых ими тренировочных процессов [221].

Техническое мастерство в каждой из дисциплин триатлона является одним из определяющих факторов его общей результативности. При этом последовательность дисциплин в триатлоне обуславливает различия в технике триатлонистов и спортсменов специализирующихся только в плавании велоспорте и беге. Плавательный этап в соревнованиях по триатлону выполняется в условиях открытых водоемов, поэтому важно учитывать различные аспекты, отличающие его от плавания в бассейне. В этой связи триатлонистам необходимо адаптировать свою технику плавания к различным условиям открытых водоемов и уметь пользоваться преимуществом драфтинга. Еще одним аспектом, который оказывает

большое влияние на технику плавания, является применяемое во время соревнования экипировки. Например, гидрокостюм подбирается в зависимости от температуры воды и воздуха, а также в соответствии с правилами Международного союза триатлона (World Triathlon).

Частота гребков (ЧГ) – это количество полных циклов движений руками, выполняемых за одну минуту (циклов/мин). У триатлонистов-мужчин элитного уровня максимальный показатель ЧГ на дистанции 400 м равен $40,0 \pm 1,1$ циклов/мин, а среднее значение – $37,9 \pm 1,9$ циклов/мин. Длина гребка (ДГ) определяет, как далеко триатлонист продвигается при выполнении каждого гребка (м/цикл). У элитных триатлонистов мужского пола средние показатели ДГ варьируют от $1,18 \pm 0,1$ м/цикл на дистанции 400 м до $2,27 \pm 0,2$ м/цикл на дистанции 800 м, при этом средняя ДГ составляет $1,91 \pm 0,4$ м/цикл. У триатлонисток высокого класса этот параметр имеет меньшую величину, составляя в среднем $1,02 \pm 0,04$ м/цикл на дистанции 400 м. Еще один важный показатель плавательной дисциплины – индекс гребка (ИГ) рассчитывается как произведение скорости на ДГ. Средний индекс гребка для триатлонистов элитного уровня составляет $2,55 \pm 0,59$ м²/с. На дистанции 800 м диапазон данного показателя составляет от $3,09 \pm 0,4$ м²/с до $1,7 \pm 0,3$ м²/с [221].

Необходимо отметить, что показатели гидростатической подъемной силы (ГПС) у элитных триатлонистов мужского и женского пола составляют $2,13 \pm 0,5$ Н и $2,1 \pm 0,7$ Н, соответственно (таблица 41). Использование драфтинга снижает силу гидродинамического сопротивления, если триатлонист во время плавания держит кисти рук на близком расстоянии от стоп плывущего впереди триатлониста. Имеются сведения, что драфтинг увеличивает эффективность плавания благодаря снижению энергозатрат при плавании на 10%, что способствует значительному улучшению показателей КЛК ($9,6$ ммоль/л по сравнению с $10,8$ ммоль/л), ДГ ($2,13$ м/цикл по сравнению с $2,03$ м/цикл) и ИГ ($2,95$ м²/с по сравнению с $2,74$ м²/с), не оказывая влияния на ЧГ.

Таблица 41 – Обобщенные показатели биомеханических параметров плавания у триатлонистов элитного уровня (среднее значение \pm стандартное отклонение) [221]

Кол-во, пол	Дистанция (м)	Время (с)	Скорость (м/с)	ЧГ (циклов/мин)	ДГ (м/цикл)	ИГ (м ² /с)	СГ (м/с)	ГПС (Н)
5 ♀	400	326 \pm 28,0	1,23 \pm 0,10	-	1,02 \pm 0,04	1,3 \pm 0,1	-	-
8 ♂	400	288 \pm 12,0	1,39 \pm 0,06	-	1,97 \pm 0,2	2,7 \pm 0,2	-	2,13 \pm 0,5
6 ♂	400	283,7 \pm 4,1	1,39 \pm 0,02	40,0 \pm 1,1	2,03 \pm 0,06	2,74 \pm 0,02	-	1,9
5 ♂	400	279 \pm 19,0	1,43 \pm 0,09	-	1,18 \pm 0,10	1,7 \pm 0,3	-	-
12 ♂	800	590 \pm 15,0	1,36 \pm 0,03	36,4 \pm 4,2	2,27 \pm 0,2	3,09 \pm 0,4	1,36 \pm 0,03	-
6 ♂	1500	1102,9 \pm 59,9	1,29 \pm 0,07	37,2 \pm 3,2	2,09 \pm 0,18	-	-	-

Примечания

1 ♀ - Женщины.

2 ♂ - Мужчины.

3 ЧГ - Частота гребков.

4 ДГ - Длина гребка.

5 ИГ - Индекс гребка.

6 СГ - Скорость гребка.

7 ГПС - Гидростатическая подъемная сила.

Триатлонисты и пловцы демонстрируют сходные показатели общей эффективности, частоты гребков (ЧГ) и мощности (Вт/гребок), однако, у пловцов показатели ДГ (1,23 \pm 0,21 м) и скорости (1,17 \pm 0,8 м/с) выше, чем у триатлонистов (0,92 \pm 0,23 м и 0,95 \pm 0,11 м/с, соответственно). Это обусловлено тем, что пловцы обладают более высокой эффективностью продвижения, поскольку развивают более высокую мощность для преодоления гидродинамического сопротивления. При этом классические пловцы имеют более высокую эффективность рабочей (опорной) фазы гребка и длину гребка по сравнению с триатлонистами. Также в отличие от пловцов триатлонисты при достижении высоких скоростей плавания увеличивают продолжительность фазы восстановления (выноса). Поэтому улучшение данных показателей является очень важным для триатлонистов элитного

уровня с точки зрения максимизации эффективности плавания.

При анализе эффективности педалирования во время этапа велогонки в триатлоне чаще всего изучаются характеристики мощности и частоты педалирования. Результаты исследований показателя пиковой выходной мощности (ПВМ) триатлонистов во время этапа велогонки обобщены в таблице 42.

Таблица 42 – Обобщенные показатели пиковой выходной мощности (ПВМ) при проведении велоэргометрического тестирования у триатлонистов элитного уровня (среднее значение \pm стандартное отклонение) [221]

Протокол	Кол-во, пол	Возраст (лет)	Вес (кг)	ПВМ (Вт/кг)	ПВМ (Вт)
$W_i = 100 \text{ W for } 6'; t_e = 2';$ $W_e = 25 \text{ W}$	3 ♀	$26,9 \pm 4,7^*$	$55 \pm 2,6$	$5,4 \pm 0,3$	$296,3 \pm 29,7$
	6 ♀	$27 \pm 4,0$	$57 \pm 5,0$	$5,2 \pm 0,2$	$293 \pm 19,0$
$W_i = 70 \text{ W for } 3'; t_e \text{ until } 280 \text{ W} = 3', \text{ then } 2'; W_e \text{ up to } 280 \text{ W} = 70 \text{ W then } 35 \text{ W}$	9 ♀	$27,9 \pm 5,0$	$60,3 \pm 6,6$	$4,8 \pm 0,4$	$292,8 \pm 20,9$
$W_i = 100 \text{ W for } 6'; t_e = 2';$ $W_e = 30 \text{ W}$	5 ♂	$26,9 \pm 4,7^*$	67 ± 5	$6,3 \pm 0,6$	$418,0 \pm 26,8$
	6 ♂	30 ± 6	67 ± 5	$6,2 \pm 0,2$	$418 \pm 22,0$
$W_i = 100 \text{ W for } 10'; t_e = 4';$ $W_e = 30 \text{ W}$	6 ♂	$25,3 \pm 4,2$	$69,9 \pm 4,6$	$4,9 \pm 0,3$	$345 \pm 14,0$
$W_i = 75 \text{ W for } 5'; t_e = 60 \text{ s};$ $W_e = 25 \text{ W}$	6 ♂	$24 \pm 5,6$	$71,2 \pm 8,7$	$5,7 \pm 1,2$	-
	6 ♂	$24,8 \pm 5,6$	$71,9 \pm 6,8$	$5,9 \pm 0,8$	-
$W_i = 70 \text{ W for } 3'; t_e \text{ until } 280 \text{ W} = 3', \text{ then } 2'; W_e \text{ up to } 280 \text{ W} = 70 \text{ W then } 35 \text{ W}$	9 ♂	$24,8 \pm 2,6$	$70,2 \pm 5,2$	$5,5 \pm 0,6$	$384,7 \pm 50,2$
$W_i = 30 \text{ W for } 3'; t_e = 1';$ $W_e = 30 \text{ W}$	5 ♂	$25,7 \pm 1,0$	$71,6 \pm 3,3$	-	$389 \pm 24,0$
$W_i = 0 \text{ W for } 1'; t_e = 1';$ $W_e = 25 \text{ W}$	9 ♂	26 ± 2	$67,8 \pm 2,1$	$5,9 \pm 1,5$	$402 \pm 23,0$

Примечания

1 ♀ - Женщины.

2 ♂ - Мужчины.

3 ПВМ - Пиковая выходная мощность.

4 W_i - Исходная мощность в ваттах.

5 t_e -Время этапа езды на велоэргометре.

6 W_e - Увеличение мощности на каждом этапе.

7 * -Средний возраст для всей выборки: женской + мужской.

8 W – Вт.

9 for – в течение.

10 until – до.

11 then – затем.

12 up to – до.

Результаты велоэргометрического тестирования пиковой выходной мощности (ПВМ) на уровне VP_2 часто представлены как в виде ее абсолютных показателей (Вт), так и в относительных значениях к весу тела спортсменов (Вт/кг) (таблица 43).

Таблица 43 - Обобщенные показатели мощности при VP_2 у триатлонистов элитного уровня (среднее значение \pm стандартное отклонение) [221]

Кол-во, пол	Возраст (лет)	Вес (кг)	Мощность при VP_2 (Вт/кг)	Мощность при VP_2 (Вт)
3 ♀	26,9 \pm 4,7*	55 \pm 2,6	-	241,7 \pm 14,4,0
6 ♀	27 \pm 4,0	57 \pm 5,0	-	232 \pm 24,0
6 ♂	30 \pm 6,0	67 \pm 5,0	-	349 \pm 22,0
5 ♂	26,9 \pm 4,7*	67 \pm 5,0	-	336,0 \pm 23,0
9 ♂	26 \pm 2,0	67,8 \pm 2,1	-	336 \pm 13,5
6 ♂	25,3 \pm 4,2	69,9 \pm 4,6	-	298 \pm 40,0
6 ♂	24,8 \pm 5,6	71,9 \pm 6,8	3,6 \pm 1,0	-
6 ♂	24 \pm 5,6	71,2 \pm 8,7	3,4 \pm 0,8	-
8 ♂	24,7 \pm 2,1	71,4 \pm 7,3	3,3 \pm 0,5	-

Примечания

1 ♀ - Женщины.

2 ♂ - Мужчины.

3 VP_2 – Второй вентиляционный порог

4 * Средний возраст для всей выборки: женской + мужской.

Зарегистрированный при велоэргометрическом тестировании триатлонистов абсолютные и относительные показатели максимальной анаэробной мощности у мужчин равны – 942,8 \pm 119,2 Вт и 14,2 \pm 2,0 Вт/кг, соответственно, а у женщин – 14,2 \pm 2,0 Вт/кг и 676,7 \pm 124,6 Вт и 12,3 \pm 1,8 Вт/кг. На этапе велогонки соревнований Кубка мира с участием триатлонистов мужского и женского пола общая средняя мощность составляет 230 \pm 53 Вт (3,6 \pm 0,5 Вт/кг), то есть 60% \pm 8% максимальной аэробной мощности. При этом у триатлонистов мужского пола данный показатель равен 252 \pm 33 Вт (3,9 \pm 0,5 Вт/кг). Основная часть этапа велогонки (51% \pm 9%) выполняется с интенсивностью ниже VP_1 , 17% \pm 6% – с интенсивностью между VP_1 и VP_2 , 15% \pm 3% – с интенсивностью между

ВП₂ и ПВМ и 6% – с интенсивностью выше ПВМ.

Частота педалирования в мужском и женском заряде Кубка мира по триатлону характеризуется статистически значимыми различиями (95 ± 4 об/мин и 88 ± 4 об/мин, соответственно), при этом у триатлонистов мужского пола отмечалось повышение частоты педалирования в конце этапа. Вместе с тем колебание средних показателей частоты педалирования у мужчин составляет 77-106 об/мин в течение этапов велогонки, проводимых во время 12 соревнований Мировой серии и Кубка мира.

Установлено, что результат выполнения бегового этапа оказывает наиболее значительное влияние на общий результат соревнования по триатлону. Поэтому анализ биомеханики бега и ее изменения под воздействием предыдущих этапов велогонки и плавания имеет большое значение для результативности соревновательной деятельности в триатлоне. К наиболее часто анализируемым параметрам техники бега в триатлоне относятся характеристики беговых шагов (длина и частота) и положение тела. Длина бегового шага может в большей степени обуславливает изменения в скорости и проявляет статистически значимую взаимосвязь с результатом бегового этапа и общим результатом гонки в триатлоне, чем частота шагов. Таким образом, повышение эффективности обеспечивается не только за счет изменения физиологических показателей, но также и улучшением антропометрических и биомеханических параметров [222]. Согласно результатам многочисленных исследований бег является дисциплиной, которая в наибольшей степени определяет конечный результат в соревнованиях по триатлону высокого уровня. При этом считается, что плавание этап и велогонка, а также периоды прохождения транзитных зон не оказывают подобного решающего влияния на общий результат гонки в современном триатлоне. Вместе с тем необходимо осознавать, что неудачное выступление во время любого из этих этапов может лишить триатлониста шансов на победу в соревновании.

Осознание важности каждой дисциплины позволяет спортсменам

ставить перед собой определенные цели во время каждой дисциплины триатлона, которые должны способствовать достижению общего успешного результата гонки, и принимать тактические решения, направленные на оптимизацию результативности их соревновательной деятельности. Так, например, триатлонистам, отличающимся менее высокой эффективностью плавания, необходимо продемонстрировать более высокую результативность на первых километрах этапа велогонки, что связано с применением тактики максимизации физической нагрузки во время данного этапа и может повлиять на результат следующего бегового этапа и тем самым на финальный результат гонки. Таким образом, хотя прохождение плавательного этапа не оказывает значительного влияния на окончательное положение триатлонистов в турнирной таблице после финала гонки по триатлону, однако, неудачный старт и низкая скорость во время первых метров этого первого этапа гонки не позволит спортсмену занять более высокую позицию в конце заплыва. Во время этапа велогонки триатлонисты обоего пола демонстрируют позитивную стратегию выбора темпа (мощный старт с дальнейшим постепенным снижением темпа), при этом у мужчин наблюдалось более четко выраженное статистически значимое снижение темпа на каждом отрезке. Такое снижение скорости связано со стратегией подготовки к прохождению следующего этапа. Первая часть бегового этапа преодолевается спортсменами быстрее, чем вторая. Однако если на финальных метрах гонки триатлонисты сталкиваются с непосредственным сопротивлением со стороны соперников, то их скорость бега возрастает [223]. Триатлонисты элитного уровня обычно используют агрессивную стратегию ведения гонки при высокой скорости в начале этапов, которая постепенно снижается. При этом на применяемую спортсменами стратегию оказывают влияние высокий уровень мотивации и присутствие соперников. Несмотря на высокую продолжительность гонок в триатлоне, во всех дисциплинах присутствуют периоды очень высокой интенсивности нагрузки, особенно в начале этапов. Поэтому триатлонистам необходимо обладать

высоким уровнем скоростной подготовленности и способной выносливостью. Потеря контакта с группой лидеров во время любой из дисциплин триатлона делает практически невозможным достижение высокого положения в турнирной таблице после финала гонки.

Психологический профиль триатлонистов элитного уровня включает следующие компоненты: увлеченность, обязательность и трудолюбие. К главным негативным психологическим факторам в триатлоне относятся травмы, а также недостаточная уверенность в своих силах и соревновательный стресс. Согласно результатам научных исследований триатлонисты элитного уровня придают важное значение своему психическому здоровью 64% триатлонистов женского пола и 60% мужского пола регулярно пользуются услугами психотерапевтов.

В современной научной литературе указывается на различия между триатлонистами высокого уровня квалификации и триатлонистов более низкого уровня квалификации в показателях нервно-мышечного контроля и параметров кардиореспираторной системы (таблица 44). При этом триатлонисты элитного уровня обладают лучшей кардиореспираторной адаптацией по сравнению со спортсменами более низкого уровня конкурентоспособности. При этом данный уровень адаптации также не проявляется у молодых триатлонистов, несмотря на их высокий уровень результативности в пределах своей возрастной категории, что указывает на необходимость многолетнего опыта тренировок. Главное различие между триатлонистами элитного уровня и менее квалифицированными спортсменами заключается в их способности к адаптации к беговому этапу при высоком уровне усталости, накопившейся у них при прохождении предыдущих этапов гонки, с наименьшими отрицательными последствиями для их работоспособности и результативности соревновательной деятельности во время бегового этапа.

Для прогнозирования результативности соревновательной деятельности в триатлоне, например, общего времени преодоления бегового

Таблица 44 – Влияние велоэтапа на показатели работоспособности во время беговой дисциплины у триатлонистов элитного уровня [221]

Кол-во, квалификация, пол	Возраст эл. (лет)	Протокол	Влияние
7 эл. (4♂+3♀)	24,9 ± 3,7*	5' Б с субмаксимальной скоростью (16 км/ч ♀ и 18 км/ч ♂) 1. Би; 2. 20' низкоинтенсивной В + Б; 3. 50' высокоинтенсивной В + Б.	Отсутствие статистически значимых различий в рекрутинге (вовлечении) мышц и углах суставов между протоколами
15♂ (6 эл. + 9 мол.)	24,8 ± 5,6 24,0 ± 5,6	30' В при ВП + 3 км Б с макс. скоростью, другая тренировка: 3 КМ Би с макс. скоростью. Выполнялся в течение 2 последовательных лет с участием одних и тех же триатлонистов.	Различия только в скорости эл. (выше при Би) и ЧСС (ниже в течение 1-ого года).
13 ♂ (5 эл. + 8 конк.)	25,4 ± 0,8	30' В + 1' Т + 20' Б и в другой день 20' Би с той же скоростью при ВП.	Отсутствие статистически значимых различий между Би и В-Б в показателях ПК, ВЛ, ВЛ/ПК, ВЛ/ПУГ, R, f _R , ВП и ЧСС
8 эл. ♂	24,7 ± 2,1	30' В с макс. скоростью + 20' со скоростью на основе результата на олимпийской дистанции и 20' Б со скоростью на основе результата на олимпийской дистанции.	При одинаковой скорости практически отсутствовали изменения ПК и ЭЗ. Более высокая ВЛ при Би по сравнению с Т.
14 ♂ (6 эл. + 8 конк.)	23,1 ± 1,2	30' В + 1' Т + 20' Б и на другой день 30' В с той же скоростью при ВП. Функция легких оценивалась до и после каждого теста.	ВЛ/ПУГ, f _R и ЧСС у эл. во время Б по сравнению с В. В начале Б снижение DLCO, которое не сохранялось с течением времени.
15 эл. ♂ (9 КД + 6 ДД)	24,8 ± 2,6	Непрерывно (1' Т): 7' Би с интенсивностью короткой дистанции триатлона + тест на МАМ при В +10' В при 80%МАМ + 7' Б со скоростью Би	Отсутствие статистически значимых различий у эл. КД в ЭЗ до и после теста на МАМ во время В.

Продолжение таблицы 44

Кол-во, квалификация, пол	Возраст эл. (лет)	Протокол	Влияние
18 эл. (9♂+9♀) 13 юниоров (7♂+ 6♀)	27,9 ± 5,0 ♀ 24,8 ± 2,6 ♂	Непрерывно (1' Т): 7' Б _и с интенсивностью короткой дистанции триатлона + тест на МАМ при В +10' В при 80%МАМ + 7' Б со скоростью Б _и	Более низкие ЭЗ в Т по сравнению с Б _и у эл. ♀ Для остальных участников противоположный результат.
8 эл. (1♂+7♀) 18 неэл. (14♂+4♀)	29 ± 3 ♀ 31 ♂	Непрерывно (1' Т): 7' Б _и с интенсивностью короткой дистанции триатлона + тест на МАМ при В +10' В при 80%МАМ + 7' Б со скоростью Б _и	Отсутствие статистически значимых различий между Б _и и Б в показателях ЧСС, ВЛ, ПК и ЭЗ при Б. Повышение КЛК при Б.

Примечания

- 1 ♀ - Женщины.
- 2 ♂ - Мужчины.
- 3 эл. – Триатлонисты элитного уровня.
- 4 неэл. – Триатлонисты не элитного уровня.
- 5 Б - Бег.
- 6 В - Велоезда);
- 7 Б_и - Изолированный бег без предшествующего педалирования.
- 8 В-Б - Бег с предшествующим педалированием.
- 9 Т - Транзитная зона.
- 10 КД - Короткая дистанция.
- 11 ДД - Длинная дистанция.
- 12 ВП - Вентиляционный порог.
- 13 ЧСС - Частота сердечных сокращений.
- 14 КЛК - Концентрация лактата в крови.
- 15 ВЛ - Вентиляция легких.
- 16 ПК - Потребление кислорода.
- 17 ПУГ - Потребление углекислого газа.
- 18 DLCO - Диффузионная способность легких по монооксиду углерода.
- 19 ЭЗ - Энергетические затраты.
- 20 * - Средний возраст для всей выборки: мужской + женский.

этапа, используются показатели КЛК во время велоэтапа и бега (или велотест при уровне соотношения мощности к весу тела 4 Вт/кг; беговой тест со скоростью 15 км/ч), $PBM_{\text{макс}}$ во время педалирования и максимальной пиковой скорости бега (формула(2)):

$$\begin{aligned} \text{Время бега (с)} = & -129 (\text{пиковая скорость бега (км/ч)}) + \\ & +122 (\text{КЛК при 4 Вт/кг}) + 9456 \end{aligned} \quad (2)$$

Для прогнозирования результатов на олимпийской дистанции с применением драфтинга была предложена формула (3) на основе результатов выполнения специального лабораторного теста:

$$\begin{aligned} \text{Время триатлона (с)} = & -1018 (\text{дистанция Бега в тесте В-Б (м)}) + \\ & +39,1 (\text{КЛК во время финала Б в тесте В-Б}) + 12,518 \end{aligned} \quad (3)$$

где

В-Б «30 минут педалирования и 20 минут бега».

Кроме того, результаты измерения уровня кортизола сразу после пробуждения утром и через 30 мин после соревнования также обеспечивает прогнозирование результативности соревновательной деятельности наряду с результатами измерений антропометрических (вес, ИМТ, процент содержания жира в организме и безжировая масса тела) и физиологических (МПК, темп бега при 3 ммоль/л, максимальный темп бега) параметров. Помимо этого прогнозирование результатов будущих соревнований также осуществляется на основе эволюции результатов, достигнутых спортсменами во время прошлых соревнований высокого уровня [221].

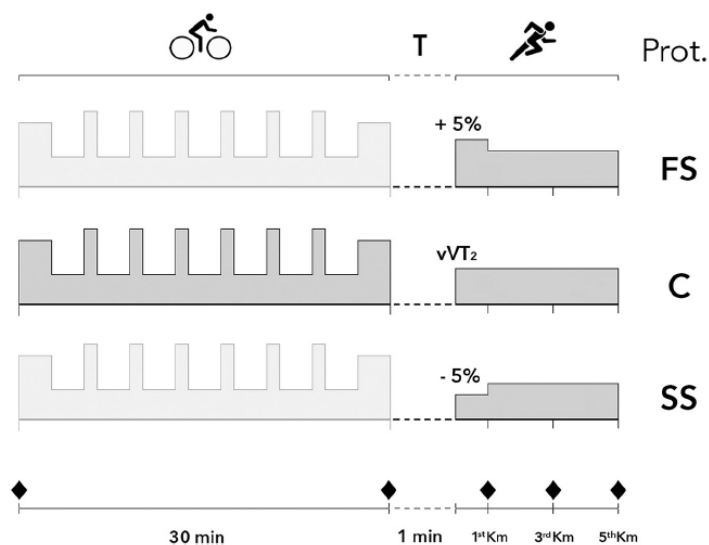
При отборе триатлонистов необходимо учитывать различные факторы, определяющие работоспособность и результативность соревновательной деятельности в триатлоне (физиологические, антропометрические,

физиологические и тактические факторы), а также требования, предъявляемые к спортсменам во время соревнований [221].

5.2 Тактические аспекты и прогнозирование в современном триатлоне

В триатлоне значимость результативности отдельных дисциплин для общей результативности обуславливает использование элитными триатлонистами различных стратегий выбора темпа движений. Выбор оптимальной стратегии является одним из важных направлений исследований в данном виде спорта. Бег является завершающей дисциплиной триатлона, во время которой спортсмен может изменить или улучшить свои результаты на дистанции. При этом успешность выступления на беговом этапе зависит от физиологических, биомеханических, нервно-мышечных резервов, оставшихся у спортсмена после велоэтапа [224]. Одним из методов повышения результативности в мультиспорте является управление темпом бега. Мощный (агрессивный) старт вызывает нарушения со стороны респираторной системы, которые могут снизить результативность, поэтому более медленный начальный темп является предпочтительным. С другой стороны, на самых значимых соревнованиях триатлонисты часто предпочитают использовать быстрый старт. При этом агрессивный темп позволяет улучшить результативность благодаря повышенному вкладу окислительного метаболизма, который позволяет продлить работу до истощения анаэробных резервов энергии. При этом самые высокие показатели частоты сердечных сокращений и выходной мощности часто наблюдаются в начальной части фазы велогонки. С тактической точки зрения использование одной из стратегий быстрого старта связано не только с результативностью, но и с психологическим преимуществом над соперниками. Таким образом, более слабые пловцы стараются преодолеть начальную дистанцию велогонки значительно быстрее, чтобы наверстать упущенное время по сравнению с ведущими спортсменами. В триатлоне существуют три основные стратегии преодоления дистанции во время

беговой дисциплины: стратегия медленного старта, равномерного бега и быстрого старта (рисунок 17) [225].



SS - стратегия медленного старта, C - стратегия равномерного бега и FS - стратегия быстрого старта; черные ромбики - измерения концентрации лактата в крови и скорости воспринимаемой нагрузки; vVT_2 - скорость бега при втором вентиляционном пороге.

Рисунок 17 – Показатели нагрузки при различных стратегиях старта в беговой дисциплине триатлона [225]

Skroce K. с соав. [225] указывают на значимые различия показателей МПК на первом километре дистанции беговой дисциплины при использовании стратегий медленного и быстрого старта. Также МПК триатлонистов отличаются на первом и третьем километрами дистанции после медленного старта. Агрессивный старт вызывает повышенное потребление кислорода на начальном участке бегового этапа после велогонки, но не оказывает существенного влияния на окончательный объем потребленного кислорода и содержание лактата в крови. Несмотря на то, что максимальные средние значения объема потребленного кислорода регистрируются на первом километре забега при быстром старте по сравнению с медленным или равномерным, это не оказывает существенного влияния на остальную часть дистанции. При этом к концу бегового отрезка не наблюдались значимые различия независимо от условий старта. Более быстрая кинетика поглощения кислорода при стратегии быстрого старта

позволяет повысить результативность за счет обеспечения большей доступности неокислительной энергии в момент выполнения эффективного спринтерского финального рывка. Интенсивность бега на оставшихся 4 км не снижается ниже пороговой. Быстрый старт в беговой дисциплине триатлона не оказывает отрицательного влияния на итоговую результативность триатлонистов. При этом стратегии медленного старта и равномерного темпа не обеспечивают существенного прироста результативности [225].

Тестирования и прогнозирование кардио-респираторной подготовленности спортсменов («Cardiopulmonary exercise testing» (CPET) осуществляется в соответствии с доминирующим типом двигательных действий для отдельных видов спорта. Например, используется беговая дорожка (тредмил (TE)) для бегунов или велоэргометр (CE) для велосипедистов. Оба теста начинаются с 5-минутной разминки, состоящей из ходьбы или легкого педалирования. Начальная нагрузка определяется индивидуально. Начальная мощность в велотесте варьируется от 60 до 150 Вт; каждые 2 мин нагрузка увеличивается на 20-30 Вт. Начальный наклон беговой дорожки составляет 1%. Скорость бега подбирается индивидуально (от 7 до 12 км/ч), затем темп увеличивается каждые 2 мин на 1 км/ч. При этом спортсмены должны поддерживать интенсивность в течение как можно более длительного времени. Это важно для точной оценки уровня максимальной аэробной подготовленности. Прекращение теста осуществляется оператором, если МПК или ЧСС больше не увеличивается при повышении скорости (или мощности), а также в случае отказа спортсмена дальше выполнять тест. В триатлоне, сочетающем несколько спортивных дисциплин (плавание, бег, велоспорт), с учетом различий показателей ЧСС во время бега и педалировании, особенно при достижении анаэробного порога, целесообразно использовать обе формы тестирования для создания конкретных планов тренировок [226]. Подобное тестирование обычно проводится несколько раз в течение сезона для контроля тренировок и корректировки рекомендаций. При этом двойное тестирование кардио-

респираторной подготовленности (СРЕТ) имеет высокую стоимость и большую продолжительность времени его проведения. Поэтому для триатлонистов целесообразно использовать методы моделирования показателей бега на основе результатов велоэргометрического тестирования, и наоборот, показателей педелирования на основе результатов тредмил теста [227].

Анализ взаимозаменяемости этих двух методов тестирования для мониторинга подготовленности триатлонистов указывает, что наблюдается линейная зависимость между ЧСС и потреблением кислорода (ПК). Однако это соотношение не учитывает различия физиологических реакций во время велоэтапа и бега, например, показатели ЧСС при анаэробный порог или уровня лактата в крови. Поэтому простой линейной зависимости между ЧСС и ПК недостаточно, чтобы сделать методы тестирования кардио-респираторной подготовленности взаимозаменяемыми для современного процесса планирования тренировок, основанного на ЧСС при различных пороговых значениях физиологических показателей или критической мощности. Поэтому следует использовать отдельные тесты для конкретных упражнений из-за больших различий в ЧСС при анаэробном порог.

Wiecha S. с соав. [227] разработали регрессионные модели для прогнозирования уровня кардио-респираторной подготовленности триатлонистов в ходе тредмил-тестирования на основе показателей, полученных в результате велоэргометрии, а также антропометрических данных. По тому же принципу разработаны аналогичные модели прогнозирования показателей велоэргометрии на основе тредмил-тестирования (таблицы 45, 46). При этом используются следующие физиологические переменные:

- максимальное потребление кислорода (МПК) (VO_{2max});
- МПК в условиях анаэробного порога (VO_{2AT});
- МПК в условиях начала роста вентиляции, не связанного с ростом скорости выделения углекислого газа во время физической нагрузки

($\text{VO}_{2\text{RCP}}$);

- максимальная частота сердечных сокращений (ЧСС);
- ЧСС в условиях анаэробного порога HR_{AT} ;
- ЧСС в условиях начала роста вентиляции, не связанного с ростом скорости выделения углекислого газа во время физической нагрузки;
- максимальное содержание лактата;
- содержание лактата в условиях анаэробного порога;
- содержание лактата в условиях начала роста вентиляции, не связанного с ростом скорости выделения углекислого газа во время физической нагрузки.

Также существуют упрощенные уравнения для прогнозирования показателей педалирования и бега, использующие только данные ЧСС и мощности/скорости, которые характеризуются достаточной точностью и средней абсолютной ошибкой немного ниже, чем в полных уравнениях (таблицы 47, 48). Эти простые уравнения облегчают прогнозирование зон ЧСС в беге после выполнения простого теста на максимальную ЧСС на велоэргометре или тредмиле, в зависимости от имеющегося оборудования [227].

Таким образом, формулы являются альтернативой использованию обоих тестов для триатлетов, когда выполнение двух тестов было бы слишком дорого. Расчетные значения улучшат точность прогнозирования физической нагрузки на основе ЧСС при анаэробном пороге, ЧСС при точке дыхательной компенсации или максимальной ЧСС. Тестирование кардиореспираторной подготовленности (СРЕТ), то есть способности к выполнению физической нагрузки является высокоточным, При этом среднее абсолютное различие в результатах СРЕТ составляют 7,1% для пикового объема кислорода, 2,5% - для пиковой ЧСС, 14,7% - для объема кислорода при лактатном пороге, 9,2% - для ЧСС при лактатном пороге [228]. При этом самая низкая точность прогнозирования отмечается для показателя ЧСС при велоэргометрии при анаэробном пороге.

Таблица 45 – Полные уравнения для прогнозирования показателей педалирования (на основе данных бегового эргометрического теста) [227]

Категории	Уравнения многоуровневой регрессии	Ср. ошибка	R ²
МПК _{АТ}	$20.83_{[13.56]SE} + 0.56_{[0.12]SE} \times RVO_{2AT} - 0.11_{[0.05]SE} \times RVE_{AT} - 0.11_{[0.05]SE} \times RHR_{AT} + 12.06_{[9.00]SE} \times RRER_{ATr} + 0.04_{[0.03]SE} \times RfR_{RCP} - 23.13_{[12.59]SE} \times RRER_{RCP} - 0.36_{[0.17]SE} \times RLac_{max} + 0.30_{[0.09]SE} \times RVO_{2max} + 0.05_{[0.05]SE} \times RHR_{max} + 0.05_{[0.03]SE} \times RVER_{RCP} - 0.13_{[0.08]SE} \times BF$	2,17	0,71
ЧСС _{АТ}	$54.84_{[30.34]SE} + 0.41_{[0.12]SE} \times RHR_{AT} - 49.99_{[27.99]SE} \times RRER_{RCP} + 0.41_{[0.12]SE} \times RHR_{max} - 0.30_{[0.19]SE} \times BF$	6,25	0,46
МПК _{РСР}	$-2.39_{[5.83]SE} + 0.62_{[0.17]SE} \times RVO_{2AT} - 0.01_{[0.001]SE} \times RVO_{2ATA} - 0.53_{[0.17]SE} \times RLac_{max} + 0.32_{[0.12]SE} \times RVO_{2max} + 0.34_{[0.18]SE} \times RVO_{2RCP} + 0.03_{[0.03]SE} \times RVER_{RCP} + 0.52_{[0.24]SE} \times BMI - 0.32_{[0.11]SE} \times BF$	2,44	0,78
ЧСС _{РСР}	$53.27_{[21.96]SE} + 0.17_{[0.11]SE} \times RHR_{AT} + 0.33_{[0.20]SE} \times RHR_{RCP} - 38.36_{[19.97]SE} \times RRER_{RCP} + 0.40_{[0.16]SE} \times RHR_{max} - 0.42_{[0.13]SE} \times BF$	4,47	0,68
МПК _{max}	$11.75_{[4.59]SE} - 0.05_{[0.03]SE} \times RVE_{AT} + 0.07_{[0.03]SE} \times RfR_{RCP} - 0.35_{[0.18]SE} \times RLac_{max} + 0.44_{[0.12]SE} \times RVO_{2max} + 0.50_{[0.14]SE} \times RVO_{2RCP} - 0.33_{[0.09]SE} \times BF$	2,55	0,78
ЧСС _{max}	$16.51_{[11.24]SE} + 0.26_{[0.13]SE} \times RHR_{RCP} + 0.57_{[0.27]SE} \times RLac_{max} + 0.60_{[0.12]SE} \times RHR_{max} + 0.33_{[0.31]SE} \times BMI - 0.45_{[0.15]SE} \times BF$	3,31	0,78

Примечания

- 1 МПК_{АТ} - Относительное максимальное потребление кислорода при анаэробном пороге (мл/мин·кг).
- 2 ЧСС_{АТ} - ЧСС при анаэробном пороге.
- 3 МПК_{РСР} - Относительное МПК при точке дыхательной компенсации (мл/мин·кг).
- 4 ЧСС_{РСР} - ЧСС при точке дыхательной компенсации (уд/мин).
- 5 МПК_{max} - Относительное максимальное потребление кислорода (мл/мин·кг).
- 6 ЧСС_{max} - Максимальное ЧСС (уд/мин).
- 7 SE – Стандартная ошибка.

- 8 V_{EAT} - Вентиляция легких при анаэробном пороге в условиях бега (л/мин).
- 9 f_{RAT} - Частота дыхания при анаэробном пороге в условиях бега (дых/мин).
- 10 VO_{2ATA} - Абсолютное МПК при анаэробном пороге в условиях бега (мл/мин).
- 11 Lac_{max} - Максимальная концентрация лактата в условиях бега (ммоль/л).
- 12 HR_{max} - Максимальная ЧСС в условиях бега (уд/мин).
- 13 VO_{2RCP} - Относительное МПК при точке дыхательной компенсации (начало роста вентиляции легких, не связанного с ростом выделения углекислого газа) в условиях бега (мл/мин·кг).
- 14 RER_{max} - Показатель максимального дыхательного обмена;
- 15 VO_{2AT} - Относительное МПК при анаэробном пороге в условиях бега (мл/мин·кг).
- 16 HR_{AT} - ЧСС при анаэробном пороге в условиях бега (уд/мин).
- 17 HR_{RCP} - ЧСС при точке дыхательной компенсации в условиях бега (уд/мин).
- 18 VO_{2max} - Относительное максимальное потребление кислорода в условиях бега (мл/мин·кг).
- 19 BMI - Индекс массы тела.
- 20 BF - Содержание жира в организме (%).
- 21 VE_{max} - Максимальная вентиляция легких в условиях бега (л/мин).
- 22 f_{RCP} - Частота дыхания при точке дыхательной компенсации в условиях бега (дых/мин).
- 23 VE_{RCP} - Вентиляция легких при точке дыхательной компенсации в условиях бега (л/мин).
- 24 RER_{AT} - Показатель дыхательного обмена при анаэробном пороге в условиях бега.
- 25 RER_{RCP} - Показатель дыхательного обмена при точке дыхательной компенсации в условиях бега.

Таблица 46 - Полные уравнения для прогнозирования показателей бега (на основе данных велоэргометрического теста) [227]

Категории	Уравнения многоуровневой регрессии	Ср. ошибка	R ²
МПК _{АТ}	$-3.59_{[11.10]SE} - 0.09_{[0.05]SE} \times C VE_{AT} + 0.10_{[0.06]SE} \times C fR_{AT} + 0.002_{[0.002]SE} \times C VO_{2ATA} - 0.21_{[0.16]SE} \times C Lac_{max} + 0.06_{[0.03]SE} \times C HR_{max} + 0.43_{[0.05]SE} \times C VO_{2RCP} + 12.46_{[7.90]SE} \times C RER_{max} - 0.04_{[0.03]SE} \times Age$	2,05	0,59
ЧСС _{АТ}	$59.44_{[16.41]SE} - 1.21_{[0.40]SE} \times C VO_{2AT} - 0.24_{[0.09]SE} \times C VE_{AT} + 0.17_{[0.13]SE} \times C HR_{AT} + 0.01_{[0.04]SE} \times C VO_{2ATA} + 0.27_{[0.22]SE} \times C HR_{RCP} + 0.05_{[0.03]SE} \times C P_{AT} - 0.44_{[0.28]SE} \times C VO_{2max} + 0.34_{[0.17]SE} \times C HR_{max} + 0.81_{[0.39]SE} \times C VO_{2RCP} - 1.36_{[0.48]SE} \times BMI + 0.56_{[0.23]SE} \times BF$	4,66	0,63
МПК _{RCP}	$13.88_{[2.60]SE} + 0.43_{[0.14]SE} \times C VO_{2AT} - 0.22_{[0.07]SE} \times C VE_{AT} + 0.28_{[0.11]SE} \times C fR_{AT} + 0.03_{[0.02]SE} \times C VE_{max} + 0.04_{[0.01]SE} \times C P_{AT} - 0.15_{[0.09]SE} \times C fR_{RCP} + 0.30_{[0.10]SE} \times C VO_{2max} + 0.06_{[0.04]SE} \times C VERCP$	2,18	0,73
ЧСС _{RCP}	$12.83_{[2.11]SE} + 0.60_{[0.04]SE} \times C VO_{2max} + 0.03_{[0.01]SE} \times C P_{AT}$	2,28	0,71
МПК _{max}	$101.31_{[26.95]SE} - 1.12_{[0.32]SE} \times C VO_{2AT} - 0.16_{[0.09]SE} \times C HR_{AT} - 0.07_{[0.02]SE} \times C VE_{ma} + 0.01_{[0.002]SE} \times C VO_{2ATA} + 9.70_{[7.73]SE} \times C RER_{AT} + 0.30_{[0.16]SE} \times C HR_{RCP} - 40.07_{[25.14]SE} \times C RER_{RCP} - 0.39_{[0.20]SE} \times C VO_{2max} + 0.63_{[0.13]SE} \times C HR_{max} + 0.84_{[0.28]SE} \times C VO_{2RCP} - 0.13_{[0.05]SE} \times Age - 1.11_{[0.34]SE} \times BMI + 0.32_{[0.17]SE} \times BF$	3,25	0,78
ЧСС _{max}	$28.49_{[5.23]SE} + 0.39_{[0.15]SE} \times C VO_{2AT} - 0.06_{[0.03]SE} \times C HR_{AT} - 0.21_{[0.08]SE} \times C fR_{AT} - 0.003_{[0.001]SE} \times C VO_{2ATA} - 0.03_{[0.01]SE} \times C P_{AT} - 0.14_{[0.06]SE} \times C fR_{RCP} + 0.49_{[0.09]SE} \times C VO_{2max} - 0.07_{[0.03]SE} \times Age$	2,38	0,74
	$112.46_{[29.03]SE} - 0.58_{[0.26]SE} \times C VO_{2AT} + 0.07_{[0.06]SE} \times C VE_{AT} - 0.06_{[0.02]SE} \times C VE_{max} + 8.49_{[7.51]SE} \times C RER_{AT} - 57.77_{[27.32]SE} \times C RER_{RCP} + 0.51_{[0.26]SE} \times C Lac_{max} + 0.82_{[0.05]SE} \times C HR_{max} + 0.26_{[0.21]SE} \times C VO_{2RCP} - 0.14_{[0.05]SE} \times Age - 0.77_{[0.32]SE} \times BMI + 0.35_{[0.16]SE} \times BF$	3,27	0,80

Примечания

1 МПК_{АТ} - Относительное максимальное потребление кислорода при анаэробном пороге (мл/мин·кг).

2 ЧСС_{АТ} - ЧСС при анаэробном пороге.

- 3 MПК_{RCP} - Относительное МПК при точке дыхательной компенсации (мл/мин·кг).
- 4 ЧСС_{RCP} - ЧСС при точке дыхательной компенсации (уд/мин).
- 5 MПК_{max} - Относительное максимальное потребление кислорода (мл/мин·кг).
- 6 ЧСС_{max} - Максимальное ЧСС (уд/мин).
- 7 SE – Стандартная ошибка.
- 8 cVE_{AT} - Вентиляция легких при анаэробном пороге в условиях педалирования (л/мин).
- 9 cfR_{AT} - Частота дыхания при анаэробном пороге в условиях педалирования (дых/мин).
- 10 $\text{cVO}_{2\text{ATA}}$ - Абсолютное МПК при анаэробном пороге в условиях педалирования (мл/мин).
- 11 cLac_{max} - Максимальная концентрация лактата в условиях педалирования (ммоль/л).
- 12 cHR_{max} - Максимальная ЧСС в условиях педалирования (уд/мин).
- 13 $\text{cVO}_{2\text{RCP}}$ - Относительное МПК при точке дыхательной компенсации (начало роста вентиляции легких, не связанного с ростом выделения углекислого газа) в условиях педалирования (мл/мин·кг).
- 14 cRER_{max} - Показатель максимального дыхательного обмена.
- 15 Age - Возраст, (лет).
- 16 $\text{cVO}_{2\text{AT}}$ - относительное МПК при анаэробном пороге в условиях педалирования (мл/мин·кг).
- 17 cHR_{AT} - ЧСС при анаэробном пороге в условиях педалирования (уд/мин).
- 18 cHR_{RCP} - ЧСС при точке дыхательной компенсации в условиях педалирования (уд/мин).
- 19 cP_{AT} - Мощность при анаэробном пороге в условиях педалирования (Ватт).
- 20 $\text{cVO}_{2\text{max}}$ - Относительное максимальное потребление кислорода в условиях педалирования (мл/мин·кг).
- 21 BMI - Индекс массы тела.
- 22 BF - Содержание жира в организме (%).
- 23 cVE_{max} - Максимальная вентиляция легких в условиях педалирования (л/мин).
- 24 cfR_{RCP} - Частота дыхания при точке дыхательной компенсации в условиях педалирования (дых/мин).
- 25 cVE_{RCP} - Вентиляция легких при точке дыхательной компенсации в условиях педалирования (л/мин).
- 26 cRER_{AT} - Показатель дыхательного обмена при анаэробном пороге в условиях педалирования.
- 27 cRER_{RCP} - Показатель дыхательного обмена при точке дыхательной компенсации в условиях педалирования.

Таблица 47 - Упрощенные уравнения для прогнозирования показателей педалирования (на основе данных бегового эргометрического теста) [227]

Категории	Уравнения многоуровневой регрессии	Ср. ошибка	R ²
ЧСС _{АТ}	$20.64_{[13.77]SE} + 0.71_{[0.08]SE} \times RHR_{AT} + 0.83_{[0.59]SE} \times RS_{AT}$	6,66	0,41
ЧСС _{РСП}	$5.89_{[11.24]SE} + 0.88_{[0.06]SE} \times RHR_{RCP} + 0.52_{[0.41]SE} \times RS_{AT}$	4,63	0,65
ЧСС _{max}	$16.41_{[9.27]SE} + 0.86_{[0.05]SE} \times RHR_{max} + 0.31_{[0.33]SE} \times RS_{AT}$	3,66	0,75

Примечания

- 1 ЧСС_{АТ} - ЧСС при анаэробном пороге.
- 2 ЧСС_{РСП} - ЧСС при точке дыхательной компенсации (уд/мин).
- 3 ЧСС_{max} - Максимальное ЧСС (уд/мин).
- 4 SE – Стандартная ошибка.
- 5 RHR_{АТ} - ЧСС при анаэробном пороге в условиях бега (уд/мин).
- 6 RS_{АТ} - Скорость бега при анаэробном пороге (км/ч).
- 7 RHR_{РСП} - ЧСС при точке дыхательной компенсации в условиях бега (уд/мин).
- 8 RHR_{max} - Максимальная ЧСС в условиях бега (уд/мин).

Таблица 48 - Упрощенные уравнения для прогнозирования показателей бега (на основе данных велоэргометрического теста) [227]

Категории	Уравнения многоуровневой регрессии	Ср. ошибка	R ²
ЧСС _{АТ}	$73.98_{[9.05]SE} + 0.60_{[0.07]SE} \times cHR_{АТ} - 0.04_{[0.02]SE} \times cP_{АТ}$	5,89	0,41
ЧСС _{RCP}	$54.69_{[8.33]SE} + 0.76_{[0.05]SE} \times cHR_{RCP} - 0.03_{[0.02]SE} \times cP_{АТ}$	4,28	0,66
ЧСС _{max}	$30.84_{[8.58]SE} + 0.88_{[0.05]SE} \times cHR_{max} - 0.02_{[0.01]SE} \times cP_{АТ}$	3,71	0,75

Примечания

1 ЧСС_{АТ} - ЧСС при анаэробном пороге.

2 ЧСС_{RCP} - ЧСС при точке дыхательной компенсации (уд/мин).

3 ЧСС_{max} - Максимальное ЧСС (уд/мин).

4 SE – Стандартная ошибка.

5 cHR_{АТ} - ЧСС при анаэробном пороге в условиях педалирования (уд/мин).

6 cP_{АТ} - Мощность педалирования при анаэробном пороге (Ватт).

7 cHR_{RCP} - ЧСС при точке дыхательной компенсации в условиях педалирования (уд/мин).

8 cHR_{max} - Максимальная ЧСС в условиях педалирования (уд/мин).

При педелировании анаэробный порог наступает при меньшей выходной мощности (по сравнению с пиковой мощностью), в результате чего значения мощности менее предсказуемы. Во время педелирования при анаэробном пороге функциональные требования к работе сердечно-сосудистой системы ниже по сравнению с бегом при выполнении той же внешней работы. Повышение объема систолического выброса крови относительно максимального объема кислорода отличаются в ходе проведения велоэргометрии и тредмил-теста при различных пороговых значениях [229]. Тестирование на велоэргометре приводят к большему снижению выносливости дыхательной мускулатуры, чем на тредмиле. При этом триатлонисты больше используют резервы дыхательной системы во время педелирования, чем во время бега, вместе с тем с увеличением нагрузки на велоэргометре это разница снижается. Различия в скорости вентиляции обусловлены также объемом CO_2 , который зависит от количества активных мышц. В беге задействовано больше мышц туловища и рук, которые напрямую не связаны с перемещением спортсмена, по сравнению с педелированием на велосипеде [227].

Жировая масса тела является важным фактором в прогностических уравнениях. При этом данный показатель отрицательно коррелирует с аэробными способностями при тестировании на бегущей дорожке. Wiecha S. с соав. [227] указывают, что жировая масса напрямую не влияет на потребление кислорода, но оказывает негативное воздействие на субмаксимальную работоспособность на беговой дорожке, за счет увеличения общей массы тела.

Знание границ интенсивности тренировочных нагрузок имеет важное значение для планирования в спортивной тренировке. Существующие модели распределения интенсивности тренировок (поляризованная, пороговая и пирамидальная) характеризуются одним общим аспектом: большая часть тренировок должна выполняться в диапазоне зон низкой интенсивности [230]. В типичной трехзонной модели верхний предел низкой

интенсивности принято считать аэробным порогом (АТ), представленным либо первым лактатным ($ЛП_1$), либо вентиляционным порогом ($ВП_1$). Обычно для определения $ВП_1$ проводится ступенчатый тест с газоанализом, при этом для определения аэробного порога (АТ) по $ЛП_1$ используют тестирование с интервальными нагрузками постоянной мощности и определением лактата в крови. Необходимо отметить, что нет единого мнения о том, как определять $ЛП_1$. Одни исследователи используют фиксированное значение 2 ммоль/л, другие - значение выше на 0,5 или 1 ммоль/л. Другие варианты включают логарифмическое построение графика зависимости лактата от мощности педелирования или частоты сердечных сокращений (ЧСС). Это приводит к получению различных пороговых значений при использовании разных методов тестирования. Вместе с тем забор крови для определения уровня лактата является инвазивной и дорогостоящей процедурой, требующей привлечения дополнительного персонала для проведения теста во время тренировки спортсмена. Поэтому в последнее время набирает популярность мониторинг вариабельности сердечного ритма (ВСР) во время тренировки для определения аэробного порога. Аэробный порог почти совпадает с порогом ВСР (HRVT), полученным на основе нелинейного индекса ВСР с фрактальными корреляционными свойствами, определяемого по показателю альфа1 анализа детрендированного отклонения («Detrended fluctuation analysis (DFA α_1)» [231], [232].

Rogers В. с соав. [233] доказали наличия взаимосвязи между $ЛП_1$, рассчитанным по методу лог-лога («log-log method») и порогом ВСР как для ЧСС, так и для мощности педелирования. Механизм, лежащий в основе поведения DFA α_1 при физической нагрузке связан с антагонистическим воздействием симпатической и парасимпатической ветвей вегетативной нервной системы на синоатриальный узел. При увеличении интенсивности работы происходит ослабление парасимпатического влияния и усиление симпатического, что в итоге приводит к снижению показателя DFA α_1 , а

также других параметров ВСП. Однако в отличие от обычных индексов ВСП, которые для определения аэробного порога используют надир, DFA a1 соответствует определенному безразмерному значению 0,75. Поэтому интерпретация асимптотической кривой и калибровка по метаболическим параметрам, таким как лактатный или вентиляционный пороги, не требуется. Это имеет очевидные преимущества как при ретроспективном анализе ВСП, так и при мониторинге нагрузки в реальном времени. Выбор значения DFA a1, равного 0,75, в качестве точки для перехода ВП₁ был обусловлен тем, что аэробный порог находится вблизи этой области. Кроме того, это значение представляет собой среднюю точку между коррелированными фрактальными моделями при нагрузках низкой интенсивности (1,0), и некоррелированными случайными моделями, находящимися в областях интенсивности, превышающих аэробный порог (0,5) [231], [232]. Учитывая важность определения верхней границы зоны низкоинтенсивной тренировки в видах спорта на выносливость, порог, связанный с DFA a1, представляет собой эффективную, доступную, неинвазивную альтернативу лактатному тестированию. Этот показатель также можно использовать для долговременного или текущего распределения интенсивности тренировок [233].

5.3 Современные тенденции совершенствования подготовки спортсменов высокого класса в триатлоне

Основные модельные показатели подготовленности высококвалифицированных триатлонистов.

Для определения основных модельных характеристик триатлонистов мужского и женского пола, обуславливающих эффективность их спортивной деятельности на спринтерских и стандартной дистанциях, необходимо учитывать различные физиологические, антропометрические, биомеханические и тактические факторы. Результаты анализа антропометрических (морфологических) характеристик триатлонистов элитного уровня указывают, что существует значимая взаимосвязь между

параметрами низкого процентного содержания жира в организме, длинны сегментов тела (руки в плавании и ноги в велогонке и беге) и результативностью выполнения определенных этапов триатлона. Модельные антропометрические характеристики триатлонистов элитного уровня, по мнению ряда ученых, не определяется параметрами роста и веса. При этом в процессе выявления и отбора талантов следует учитывать показатели длинны сегментов тела, а также низкое содержание жира в организме.

Среди главных факторов, которые оказывают влияние на работоспособность и результативность соревновательной деятельности триатлонистов элитного уровня, физиологические параметры исследуются наиболее часто. Например, показатели максимального потребления кислорода (МПК) и вентиляционного порога (VP_2), параметры сердечно-сосудистой и дыхательной системы, системы крови и гормоны. МПК относится к наиболее исследуемым параметрам триатлонистов как в абсолютном значении, так и в отношении к весу тела, однако чаще используются относительные показатели МПК. Относительный показатель МПК у триатлонисток элитного уровня составляет в среднем 67,3 мл/кг/мин. У триатлонистов мужского пола МПК обычно превышает 70 мл/кг/мин. Показатель VP_2 также широко применяется в триатлоне элитного уровня. Триатлонисты выполняют более половины гонки с интенсивностью выше второго вентиляционного порога (VP_2). Поэтому поддержание показателей ПК на уровне интенсивности VP_2 , близкой к МПК, позволяет триатлонистам выдерживать физические нагрузки высокой интенсивности в течение более длительного времени, что повышает уровень их работоспособности и результативности соревновательной деятельности. При этом триатлонистки способны поддерживать стабильные показатели ПК на уровне более 80% МПК. У мужчин средний показатель процента от МПК составляет 84,41%, при этом у них наблюдается значительная вариация данных в пределах от 81% до 87% МПК. Способность к выполнению субмаксимальной рабочей нагрузки при низком проценте МПК имеет важное значение в триатлоне и

проявляет высокую взаимосвязь с результативностью в любой из трех его дисциплин. Показатель соотношения между частотой сердечных сокращений (ЧСС) и ПК широко используется для контроля интенсивности тренировок. При этом параметр резерва ЧСС является наиболее эффективным индикатором работоспособности в триатлоне, однако вместо него чаще применяется ЧСС_{макс}. При этом гипертрофические изменения сердца являются результатом совместного воздействия тренировок силы и выносливости, необходимых для достижения высокого уровня работоспособности в триатлоне уровня элиты.

Работоспособность в элитном триатлоне также связана с максимально возможными показателями вентиляции легких. Большие возможности адаптации дыхательных мышц к различным условиям мышечной работы у триатлонистов высокого класса, обеспечивает им более высокую стабильность респираторных показателей по сравнению с менее квалифицированными спортсменами. У триатлонисток элитного уровня средней показатель максимальной вентиляции легких (МВЛ) составляет 123 л/мин. Триатлонисты мужчины элитного уровня на беговой дорожке добиваются показателей МВЛ – 140,1 л/мин, а на велоэргометре – 135,5 л/мин. Еще одним важным параметром дыхательной системы для триатлонистов элитного уровня является индекс газообмена – соотношение между выдыхаемым CO₂ и вдыхаемым O₂. Имеются сведения, что данный параметр у мужчин во время проведения теста на велоэргометре составляет 1,14, а на беговой дорожке – 1,11 без существенных различий между данными типами тестирования.

Исследование крови высококвалифицированных триатлонистов после соревнований на олимпийской дистанции показывает снижение уровня лактатдегидрогеназы и тропонина сТnТ. При этом значимые изменения в содержании креатинкиназы, изофермента креатинкиназы, миоглобина и гематокрита отсутствуют. В условиях имитации проведения соревнований в триатлоне высокого уровня средние показатели КЛК после этапа плавания

(1500 мин в бассейне) составляют 6,8 ммоль/л, а после этапа велогонки (60 мин с максимальной скоростью) – 5,2 ммоль/л. При этом в результате 20 мин бега при 74,4% МПК после предварительной 30минутного педалирования при 71,7% МПК показатель КЛК составляет 2,6 ммоль/л.

Техническое мастерство в каждой из дисциплин триатлона также является одним из определяющих факторов его общей результативности. При этом последовательность дисциплин в триатлоне обуславливает различия в технике триатлонистов и спортсменов, специализирующихся только в плавании, велоспорте и беге.

Плавательный этап в соревнованиях по триатлону выполняется в условиях открытых водоемов, поэтому триатлонистам необходимо адаптировать свою технику плавания к различным внешним условиям и уметь пользоваться преимуществом драфтинга. У триатлонистов-мужчин элитного уровня максимальный показатель частота гребков (ЧГ) на дистанции 400 м равен 40 циклов/мин, а среднее значение – 37,9 циклов/мин. У элитных триатлонистов мужского пола средние показатели длины гребка (ДГ) варьируют от 1,18 м/цикл на дистанции 400 м до 2,27 м/цикл на дистанции 800 м, при этом средняя ДГ составляет 1,91 м/цикл. У триатлонисток высокого класса этот параметр имеет меньшую величину, составляя в среднем 1,02 м/цикл на дистанции 400 м. Еще один важный показатель плавательной дисциплины – индекс гребка (ИГ) рассчитывается как произведение скорости на ДГ. Средний индекс гребка для триатлонистов элитного уровня составляет 2,55 м²/с. На дистанции 800 м диапазон данного показателя составляет от 3,09 м²/с до 1,7 м²/с. Использование драфтинга снижает силу гидродинамического сопротивления, если триатлонист во время плавания держит кисти рук на близком расстоянии от стоп плывущего впереди триатлониста. Имеются сведения, что драфтинг увеличивает эффективность плавания благодаря снижению энергозатрат при плавании на 10%, что способствует значительному улучшению показателей КЛК, и ИГ, не оказывая влияния на ЧГ. Триатлонисты и пловцы демонстрируют сходные

показатели общей эффективности, частоты гребков (ЧГ) и мощности (Вт/гребок), однако, у пловцов показатели ДГ и скорости выше, чем у триатлонистов. Поэтому триатлонистам необходимо повышать показатели мощности, эффективность рабочей (опорной) фазы гребка и длину гребка для максимизации эффективности плавания.

При анализе эффективности педалирования во время этапа велогонки в триатлоне чаще всего изучаются характеристики мощности и частоты педалирования. Результаты велоэргометрического тестирования пиковой выходной мощности (ПВМ) на уровне VP_2 часто представлены как в виде ее абсолютных показателей (Вт), так и в относительных значениях к весу тела спортсменов (Вт/кг). Зарегистрированный при велоэргометрическом тестировании триатлонистов абсолютные и относительные показатели максимальной анаэробной мощности у мужчин равны – 942,8 Вт и 14,2 Вт/кг, соответственно, а у женщин – 676,7 Вт и $12,3 \pm 1,8$ Вт/кг. На этапа велогонки соревнований Кубка мира с участием триатлонистов мужского и женского пола общая средняя мощность составляет 230 Вт (3,6 Вт/кг), то есть 60% максимальной аэробной мощности. Частота педалирования в мужском и женском заряде Кубка мира по триатлону характеризуется статистически значимыми различиями (95 об/мин и 88 об/мин, соответственно), при этом у триатлонистов мужского пола отмечалось повышение частоты педалирования в конце этапа. Вместе с тем колебание средних показателей частоты педалирования у мужчин составляет 77-106 об/мин в течение этапов велогонки, проводимых во время 12 соревнований Мировой серии и Кубка мира.

Установлено, что результат выполнения бегового этапа оказывает наиболее значительное влияние на общий результат соревнования по триатлону. Поэтому анализ биомеханики бега и ее изменения под воздействием предыдущих этапов велогонки и плавания имеет большое значение для результативности соревновательной деятельности в триатлоне. К наиболее часто анализируемым параметрам техники бега в триатлоне

относятся характеристики беговых шагов (длина и частота) и положение тела. Согласно результатам многочисленных исследований бег является дисциплиной, которая в наибольшей степени определяет конечный результат в соревнованиях по триатлону высокого уровня. При этом считается, что плавание этап и велогонка, а также периоды прохождения транзитных зон не оказывают подобного решающего влияния на общий результат гонки в современном триатлоне. Вместе с тем необходимо осознавать, что неудачное выступление во время любого из этих этапов может лишить триатлониста шансов на победу в соревновании.

Хотя прохождение плавательного этапа не оказывает значительного влияния на окончательное положение триатлонистов в турнирной таблице после финала гонки по триатлону, однако, неудачный старт и низкая скорость во время первых метров этого первого этапа гонки не позволит спортсмену занять более высокую позицию в конце заплыва. Во время этапа велогонки триатлонисты обоего пола демонстрируют позитивную стратегию выбора темпа (мощный старт с дальнейшим постепенным снижением темпа), при этом у мужчин наблюдалось более четко выраженное статистически значимое снижение темпа на каждом отрезке. Такое снижение скорости связано со стратегией подготовки к прохождению следующего этапа. Первая часть бегового этапа преодолевается спортсменами быстрее, чем вторая. Однако если на финальных метрах гонки триатлонисты сталкиваются с непосредственным сопротивлением со стороны соперников, то их скорость бега возрастает.

Триатлонисты элитного уровня обычно используют агрессивную стратегию ведения гонки при высокой скорости в начале этапов, которая постепенно снижается.

Психологический профиль триатлонистов элитного уровня включает следующие компоненты: увлеченность, обязательность и трудолюбие. К главным негативным психологическим факторам в триатлоне относятся травмы, а также недостаточная уверенность в своих силах и

соревновательный стресс.

Триатлонисты элитного уровня обладают лучшей кардиореспираторной адаптацией по сравнению со спортсменами более низкого уровня конкурентоспособности. При этом данный уровень адаптаций также не проявляется у молодых триатлонистов, несмотря на их высокий уровень результативности в пределах своей возрастной категории, что указывает на необходимость многолетнего опыта тренировок. Главное различие между триатлонистами элитного уровня и менее квалифицированными спортсменами заключается в их способности к адаптации к беговому этапу при высоком уровне усталости, накопившейся у них при прохождении предыдущих этапов гонки, с наименьшими отрицательными последствиями для их работоспособности и результативности соревновательной деятельности во время бегового этапа.

Для прогнозирования результативности соревновательной деятельности в триатлоне, например, общего времени преодоления бегового этапа, используются показатели КЛК во время велоэтапа и бега. Для прогнозирования результатов на олимпийской дистанции с применением драфтинга была предложена формула на основе результатов выполнения специального лабораторного теста «30 минут педалирования и 20 минут бега». Кроме того, результаты измерения уровня кортизола сразу после пробуждения утром и через 30 мин после соревнования также обеспечивает прогнозирование результативности соревновательной деятельности наряду с результатами измерений антропометрических (вес, ИМТ, процент содержания жира в организме и безжировая масса тела) и физиологических (МПК, темп бега при 3 ммоль/л, максимальный темп бега) параметров.

Современные тенденции совершенствования тактической подготовки и прогнозирования в современном триатлоне.

Стратегии выбора темпа движений является одним из важных направлений исследований в данном виде спорта. Мощный (агрессивный) старт вызывает нарушения со стороны респираторной системы, которые

могут снизить результативность, поэтому более медленный начальный темп является предпочтительным. С другой стороны, на самых значимых соревнованиях триатлонисты часто предпочитают использовать быстрый старт. При этом агрессивный темп позволяет улучшить результативность благодаря повышенному вкладу окислительного метаболизма, который позволяет продлить работу до истощения анаэробных резервов энергии. При этом самые высокие показатели частоты сердечных сокращений и выходной мощности часто наблюдаются в начальной части фазы велогонки. С тактической точки зрения использование одной из стратегий быстрого старта связано не только с результативностью, но и с психологическим преимуществом над соперниками. Таким образом, более слабые пловцы стараются преодолеть начальную дистанцию велогонки значительно быстрее, чтобы наверстать упущенное время по сравнению с ведущим спортсменами. В триатлоне существуют три основные стратегии преодоления дистанции во время беговой дисциплины: стратегия медленного старта, равномерного бега и быстрого старта. Агрессивный старт вызывает повышенное потребление кислорода на начальном участке бегового этапа после велогонки, но не оказывает существенного влияния на окончательный объем потребленного кислорода и содержание лактата в крови. Несмотря на то, что максимальные средние значения объема потребленного кислорода регистрируются на первом километре забега при быстром старте по сравнению с медленным или равномерным, это не оказывает существенного влияния на остальную часть дистанции. При этом к концу бегового отрезка не наблюдались значимые различия независимо от условий старта. Более быстрая кинетика поглощения кислорода при стратегии быстрого старта позволяет повысить результативность за счет обеспечения большей доступности неокислительной энергии в момент выполнения эффективного спринтерского финального рывка. Интенсивность бега на оставшихся 4 км не снижается ниже пороговой. Быстрый старт в беговой дисциплине триатлона не оказывает отрицательного влияния на итоговую результативность

триатлонистов. При этом стратегии медленного старта и равномерного темпа не обеспечивают существенного прироста результативности.

Тестирование и прогнозирование кардио-респираторной подготовленности спортсменов («Cardiopulmonary exercise testing» (CPET)) осуществляется в соответствии с доминирующим типом двигательных действий для отдельных видов спорта. Например, используется беговая дорожка (тредмил (TE)) для бегунов или велоэргометр (CE) для велосипедистов. Данная процедура имеет высокую стоимость и большую продолжительность времени его проведения. Поэтому для триатлонистов целесообразно использовать методы моделирования показателей бега на основе результатов велоэргометрического тестирования, и наоборот, показателей моделирования на основе результатов тредмил теста. В настоящее время разработаны регрессионные модели для прогнозирования уровня кардио-респираторной подготовленности триатлонистов в ходе тредмил-тестирования на основе показателей, полученных в результате велоэргометрии, а также антропометрических данных. По тому же принципу разработаны аналогичные модели прогнозирования показателей велоэргометрии на основе тредмил-тестирования. При этом используются следующие физиологические переменные:

- максимальное потребление кислорода (МПК);
- МПК в условиях анаэробного порога;
- МПК в условиях начала роста вентиляции, не связанного с ростом скорости выделения углекислого газа во время физической нагрузки (VO_{2RCP});
- максимальная частота сердечных сокращений (ЧСС);
- ЧСС в условиях анаэробного порога;
- ЧСС в условиях начала роста вентиляции, не связанного с ростом скорости выделения углекислого газа во время физической нагрузки;
- максимальное содержание лактата;
- содержание лактата в условиях анаэробного порога;

- содержание лактата в условиях начала роста вентиляции, не связанного с ростом скорости выделения углекислого газа во время физической нагрузки.

Также существуют упрощенные уравнения для прогнозирования показателей педелирования и бега, использующие только данные ЧСС и мощности/скорости, которые характеризуются достаточной точностью и средней абсолютной ошибкой немного ниже, чем в полных уравнениях.

Знание границ интенсивности тренировочных нагрузок имеет большое значение для планирования в спортивной тренировке. Существующие модели распределения интенсивности тренировок (поляризованная, пороговая и пирамидальная) характеризуются одним общим аспектом: большая часть тренировок должна выполняться в диапазоне зон низкой интенсивности. В типичной трехзонной модели верхний предел низкой интенсивности принято считать аэробным порогом (АТ), представленным либо первым лактатным (ЛП₁), либо вентиляционным порогом (ВП₁). Обычно для определения ВП₁ проводится ступенчатый тест с газоанализом, при этом для определения аэробного порога (АТ) по ЛП₁ используют тестирование с интервальными нагрузками постоянной мощности и определением лактата в крови. Необходимо отметить, что нет единого мнения о том, как определять ЛП₁. Одни исследователи используют фиксированное значение 2 ммоль/л, другие - значение выше на 0,5 или 1 ммоль/л. Другие варианты включают логарифмическое построение графика зависимости лактата от мощности педелирования или частоты сердечных сокращений (ЧСС). Это приводит к получению различных пороговых значений при использовании разных методов тестирования. Поэтому в последнее время набирает популярность мониторинг вариабельности сердечного ритма (ВСР) во время тренировки для определения аэробного порога. Аэробный порог почти совпадает с порогом ВСР, полученным на основе нелинейного индекса ВСР с фрактальными корреляционными свойствами, определяемого по показателю альфа₁ анализа детрендового

отклонения («Detrended fluctuation analysis (DFA a1). Выбор значения DFA a1, равного 0,75, в качестве точки для перехода ВП₁ обусловлен тем, что аэробный порог находится вблизи этой области. Кроме того, это значение представляет собой среднюю точку между коррелированными фрактальными моделями при нагрузках низкой интенсивности (1,0), и некоррелированными случайными моделями, находящимися в областях интенсивности, превышающих аэробный порог (0,5). Учитывая важность определения верхней границы зоны низкоинтенсивной тренировки в видах спорта на выносливость, порог, связанный с DFA a1, представляет собой эффективную, доступную, неинвазивную альтернативу лактатному тестированию.

6 Современные тенденции совершенствования физической, технической, тактической и психологической подготовки спортсменов высокого класса в летних циклических видах спорта

6.1 Современные тенденции построения тренировочного процесса спортсменов высокой квалификации в летних циклических видах спорта

Жесточайшая конкуренция в спорте высших достижений вынуждает многих спортсменов прибегать к запрещенным средствам – фармакологии, генной «инженерии», искусственной стимуляции и др., что нарушает базовые принципы олимпийского спорта. С учетом сложившихся условий, очевидно, на передний план выступает педагогическая составляющая построения тренировочного процесса. При этом его организация, планирование, контроль и своевременная коррекция являются важнейшим направлением работы, позволяющей обеспечить достижение максимальной результативности на соревнованиях международного уровня.

В настоящее время в спортивной практике активно используются две основные системы целевого планирования тренировок. При этом традиционная система предусматривает одновременное развитие различных качеств в течение всего цикла подготовки. Вместе с тем существенным недостатком такого подхода является одновременное проявление взаимно

конфликтующих физиологических реакций в результате многоцелевых тренировок, вызывающих чрезмерное утомление, низкий тренировочный стимул и не обеспечивающих достижения пика подготовленности многократно в течение сезона [164]. В тоже время блоковая система тренировок, известная с 1980-х годов прошлого века и разработанная как альтернатива традиционной системе, предусматривает программирование тренировочного процесса блоками (2-4 недельными мезоциклами), которые выполняются в определенном порядке. Например, первая неделя – вытягивающая; вторая и третья – ударные и четвертая – восстановительная. При этом каждый блок направлен на развитие определенных способностей (качеств) [163], [164], [234]. Содержание каждого блока формируется с учетом физиологических реакций адаптации, достигнутых в результате реализации предшествующего тренировочного блока. При этом некоторые исследователи используют тренировочные блоки продолжительностью около 1 недели (микроциклы).

На практике обычно применяются специфические блоки после периода тренировок по схеме традиционного планирования. Этот подход рассматривается как способ управления тренировочной деятельностью с акцентом на специально подобранные тренировочные стимулы, например, для оптимизации процесса повышения выносливости в рамках выполнения годового плана тренировок.

Среди зарубежных специалистов популярна модель блоковой периодизации В.Б. Иссурина, которая включает три специфических мезоцикла: накопительный этап служит для развития базовых способностей, трансформирующий этап – специальных способностей, а в ходе реализационного этапа обеспечивается необходимое восстановление и достижение пика подготовленности перед соревнованием. Во время каждого этапа основное внимание уделяется развитию минимального количества разных качеств, например, максимальной мощности и максимальной мышечной силы. Данная модель несколько отличается от другой

альтернативной блоковой системы тренировок, сконцентрированной на развитие одной определенной способности (например, МПК) во время каждого микроцикла при поддержании достигнутого уровня других способностей (например, мышечной силы, обычно в рамках всего одной тренировки). Результаты предыдущих исследований указывают, что обе эти модели обеспечивают высокий уровень физиологических реакций адаптации в организме спортсменов и повышение их результативности [234]. Имеющиеся в современной научной литературе данные также подтверждают эффективность блоковой периодизации по сравнению с традиционным подходом. При этом отмечается увеличение показателей максимального потребления кислорода и максимальной выходной мощности, а также выносливости высококвалифицированных спортсменов в летних циклических видах спорта [223], [234].

Наиболее распространенным является планирование соревновательного сезона, например, пловцов элитного уровня, включающего 4 мезоцикла (1 макроцикл) или 4-6 мезоциклов (2 макроцикла) [235]. При этом структура годичного цикла подготовки пловцов мирового класса, может включать 3 макроцикла по 3 мезоцикла в каждом (обще-подготовительного, специально-подготовительного, соревновательного) с учетом трех основных соревнований [52]. При этом, их соотношение в первом макроцикле может достигать 6, 10 и 2 недели, соответственно; во втором – 4, 7 и 3 недель, в третьем - 3, 10 и 4 недель, плюс 3 переходных периода по 1 неделе. Необходимо отметить, что первый макроцикл обычно направлен на повышение уровня общей физической подготовленности и развитие аэробной мощности, второй – повышение аэробной мощности и анаэробного порога, третий – повышение технической и физической подготовленности и достижению максимальной работоспособности [51].

Планирование тренировочных нагрузок, используя деление больших периодов подготовки, например, годичных, 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.

Тренировочная нагрузка в летних циклических видах спорта традиционно определяется рядом компонентов, таких как объем (продолжительность), интенсивность и частота тренировок, а также последующих реакций адаптации, которые проявляют взаимосвязь с периодами восстановления [49], [104], [105], [184]. Внешняя тренировочная нагрузка определяется как физическая работа, выполняемая спортсменом, и обычно выражается в расстоянии, скорости или мощности, а внутренняя нагрузка характеризуется психическими и физиологическими реакциями, которые развиваются в ответ на внешнюю нагрузку [45].

Эффективность планирования спортивной подготовки обусловлена адекватностью и своевременностью использования интенсивности и объема тренировочных нагрузок в цикле подготовки. В настоящее время существуют традиционная «линейная» и «обратная» модели распределения нагрузки в летних циклических видах спорта. В первой модели в начале цикла подготовки используются тренировки высокого объема и низкой интенсивности, к концу – интенсивность нагрузки постепенно увеличивается, а объема – уменьшается [236].

Например, в гребле на байдарках-двойках на дистанции 1000 м, в

течение годового цикла постоянно увеличивается продолжительность специальных тренировок, при этом основная работа проходит в зонах низкой интенсивности нагрузки. Нагрузка высокой интенсивности занимает 54% общего тренировочного времени только на начальном этапе подготовки, затем преобладают нагрузки низкой интенсивности (55,2%-64,5%). Во время главного соревнования рабочая нагрузка в зонах высокой интенсивности увеличивалась, однако, значительный объем приходился на восстановление в 1 и 2 зонах. Вместе с тем, при подготовке к первому соревнованию сезона продолжительность тренировочной работы в пятой зоне невелика (0,2-0,8%), несмотря на то, что соревновательная деятельность гребцов осуществляется именно при таких нагрузках [237].

В плавании величина еженедельной средней интенсивности тренировочных нагрузок в сезоне (объем нагрузки с учетом коэффициента интенсивности для каждой зоны) постепенно повышается 61 ± 19 трен.ед./неделю (I макроцикл), 73 ± 27 трен.ед./неделю (II макроцикл), 84 ± 27 трен.ед. (III макроцикл). При этом максимальное увеличение объема и интенсивности тренировочных нагрузок наблюдается за две недели до главного соревнования макроцикла (на 4,3% - 8,4% и 8,6%-10,5%, соответственно) [238], [239].

Вторая модель «обратного» планирования, наоборот, предполагает на начальных этапах подготовки нагрузки высокой интенсивности и низкого объема с дальнейшим постепенным снижением (или сохранением) интенсивности и увеличением объема. При этом модель «обратного» планирования наиболее эффективна для развития скоростно-силовых способностей спортсменов. Одним из важнейших показателей, который необходимо учитывать при планировании физических нагрузок, является интенсивность их выполнения, непосредственно влияющая на физиологические адаптации и работоспособность спортсменов в летних циклических видах спорта. Необходимо учитывать, что интенсивность тренировочных нагрузок имеет большее значение для повышения

результативности в летних циклических видах спорта, а регулирование объема является вспомогательным фактором [236].

Организм спортсменов не способен бесконечно долго переносить высокую интенсивность нагрузок при высоком объеме, неизбежно развивается утомление, недовосстановление и, как следствие, перетренированность. Поэтому перед тренером стоит важнейшая задача постоянно анализировать соотношение между интенсивностью и объемом тренировок при планировании количества и типов рабочих нагрузок во время разных периодов подготовки в течение сезона [239], [240].

По мнению ряда авторов, применение оценки индивидуального восприятия нагрузки за тренировку (ОИВНт) является одним из приоритетных компонентов системы контроля тренировочных нагрузок, который позволяет охватывать все аспекты тренировочной и соревновательной деятельности [46], [241].

С точки зрения учета физиологических особенностей спортсменов применяются так называемые «поляризованные» тренировки, в рамках которых основной объем работы запланирован в минимальной и максимальной зонах интенсивности, например, 80% тренировки посвящается работе в зонах низкой интенсивности, 15% – в зонах высокой и максимальной интенсивности. В «пирамидальных» тренировках, наоборот, акцент смещается от максимальной нагрузки к работе в средних зонах интенсивности, на которые отводится 15-20% тренировочного времени [242].

В специальной литературе, посвященной летним циклическим видам спорта обычно рассматриваются две основные формы тренировок: интервальная тренировка высокой интенсивности и спринтерская интервальная тренировка. Интервальные тренировки высокой интенсивности состоят из повторяющихся периодов интенсивной нагрузки, соответствующей второму вентиляционному порогу и максимальному потреблению кислорода. При этом если максимальное потребление

кислорода не может быть определено в ходе тестирования физической нагрузки, применяют показатель пикового потребления кислорода для определения верхней границы зоны интенсивности. Спринтерские интервальные тренировки проводятся при нагрузках, превышающих показатели выходной мощности и скорость при максимальном потреблении кислорода, то есть в зоне экстремальной физической нагрузки [207], [243], [244].

Для повышения показателей аэробных возможностей у высококвалифицированных байдарочников-спринтеров применяется комплекс 30-минутных тренировок аэробной выносливости (непрерывное чередование 5 минутной работы во второй и третьей зонах) и 20-минутных аэробных интервальных тренировок с максимальной нагрузкой (чередование 5 минутной умеренной работы во второй зоне и высокоинтенсивной работы 5 × 30 сек в пятой зоне интенсивности, интервал отдыха между повторениями 30 с) [210].

В плавании используются тренировки в бассейне с сопротивлением на основе распределения нагрузки в профиле «усеченной пирамиды» (6 × 12,5 м: 1 подход – при нагрузке 50% от максимальной, 2 – 60%, 3 и 4 – 70% , 5 – 60% 6 – 50% [50].

В велоспорте применяют 6-недельную программу спринтерских интервальных тренировок, состоящих из серии максимальных и субмаксимальных спринтов (30 с) с восстановлением 4 мин 30 с при 75 Вт (80–90 об/мин, 8,75 Нм). Первый и последний спринт выполняется с максимально возможной мощностью, остальные – при 80% нагрузки от максимальной. Количество спринтов, поэтапно увеличивается от 4 (на 1-ой неделе) до 9 (на 6-ой неделе) [245].

В зарубежной научной литературе содержится достаточное количество научных данных, которые свидетельствуют о том, что интервальные тренировки способствуют повышению результативности в большей степени по сравнению с другими типами тренировок, применяемыми в циклических

видах спорта [246]. При этом для развития выносливости наиболее эффективны интервальные тренировки высокой интенсивности с большей продолжительностью периодов работы (до 4-5 мин), в ходе проведения которых формируются оптимальные физиологические реакции адаптации сердечно-сосудистой системы, повышается концентрация гемоглобина, гематокрита и улучшаются аэробные возможности организма спортсменов, что обеспечивают повышение результативности спортсменов [237]. При этом острое воздействия интенсивных тренировок с короткими интервалами (30 с), включающими 3 подхода по 13×30 секунд с 15-секундным активным восстановлением (всего 19,5 минут) позволяют повысить показатели выходной мощности и времени работы при 90% МПК и 90% ЧССпик у спортсменов-спринтеров [247].

Обращаясь к теме высотной подготовки необходимо отметить, что Спортсмены элитного уровня, представляющие циклические виды спорта, часто используют тренировки в условиях высоты (высотные тренировки) в процессе подготовки к соревнованиям. Классические высотные тренировки, выполняемые по принципу «Живи высоко – тренируйся высоко» (ЖВТВ), предусматривают проживание и проведение тренировок в естественных условиях среднегорья (от 2000 до 3000 м) в течение 2 или более недель и направлены на развитие различных адаптационных процессов, которые запускаются в процессе акклиматизации к условиям высоты или искусственной гипоксии. Более современная стратегия применения высотных тренировок предполагает формулу «Живи высоко – тренируйся низко» (ЖВТН). При этом спортсмены также находятся в условиях умеренной высоты (или искусственной гипоксии, например, в гипоксических палатках), но выполняют тренировки в условиях более низкой высоты либо на уровне моря, для снижения отрицательное влияние умеренной гипоксии на максимальное потребление кислорода (МПК) и интенсивность нагрузок [248], [249].

Несмотря научно доказанное преимущество применения тренировок

ЖВТН по сравнению с ЖВТВ среди многих тренеров и спортсменов существует мнение, что чемпионы демонстрировали улучшение своих результатов после применения высотных тренировок типа ЖВТВ [250], [251]. При этом существует определенное физиологическое обоснование такого вида подготовки. В результате акклиматизации к условиям высоты в сочетании с высокими нагрузками создается дополнительный стресс и стимул для развития целого ряда адаптационных изменений в организме спортсменов, чего невозможно достигнуть в условиях на уровне моря. Например, более высокая дезоксигенация мышц вызывает улучшение регуляции водородного показателя рН в мышцах, их буферных и анаэробно-гликолитических возможностей, кровоснабжения мышц, объема митохондрий и плотности капилляров.

При этом необходимо учитывать, что в условиях высотной подготовки показатель относительной интенсивности будет более высоким при любом уровне абсолютной интенсивности (скорость/выходная мощность). Это связано со снижением МПК под воздействием гипоксии. Так опытные адаптированные спортсмены могут выдерживать более высокие относительные показатели интенсивности физических нагрузок, чем на уровне моря. При этом следует учитывать физиологические реакции адаптации в ответ на острое и хроническое воздействие условий гипоксии. Острое снижение содержания артериального кислорода вызывает увеличение секреции эпинефрина (адреналина) и возрастает активность симпатической нервной системы, что приводит к усилению транспорта кислорода благодаря повышенной вентиляции легких и увеличению сердечного выброса, в результате происходит перераспределение кровотока к ключевым тканям организма и изменение в выборе энергетических субстратов с целью обеспечения экономичного потребления кислорода. Более длительная гипоксия оказывает положительное влияние на физическую работоспособность: повышается объем гемоглобина, улучшается экономизация функций организма при физических нагрузках и буферная

способность мышц. Вместе с тем переадаптация к гипоксии приводит к снижению работоспособности, уменьшению абсолютной интенсивности тренировок, повышению риска заболеваний, снижению максимального сердечного выброса и кровотока в мышцах во время максимальных нагрузок, ухудшению качества сна и восстановления). Существуют научные данные, что проведения тренировок по схеме ЖВТВ способствует повышению показателей работоспособности и результативности спортсменов элитного уровня на $1,6\% \pm 2,7\%$, а в отдельных случаях до 5% при использовании более эффективных программ высотных тренировок. Продолжительность таких тренировок высококвалифицированных спортсменов в условиях среднегорья (2090 – 2690 м) составляет в среднем от 1- 2 до 3-4 недель. При этом проведение высотных тренировок сопровождается увеличением объема тренировок и тренировочной нагрузки по сравнению с предшествовавшим им периодом тренировок на уровне моря.

Необходимо отметить, что в календаре спортсменов высокого класса на высотные тренировки приходится до 18%–25% годового тренировочного объема. При этом среди ученых ведутся дискуссии – было ли наблюдаемое после высотных тренировок улучшение результативности соревновательной деятельности вызванным акклиматизацией к условиям высоты, или изменениями тренировочной нагрузки, или эффектом плацебо, или каким-либо другими факторами [248].

Одним из основных факторов, влияющих на показатели работоспособности в ходе проведения высотных тренировок является снижение МПК, которое происходит приблизительно на 6% на каждую 1000 м) и вызывает увеличение относительной интенсивности физической нагрузки при аналогичных показателях скорости и выходной мощности на уровне моря. Это обуславливает необходимость более значительных физиологических и метаболических перестроек для поддержания показателей гомеостаза и работоспособности. В состоянии гипоксии повышаются физиологических требования в сердечно-сосудистой и

дыхательной системам, возрастает роль анаэробного энергообеспечения и повышается оценка индивидуального восприятия нагрузки, что приводит произвольному снижению спортсменами интенсивности своей нагрузки [252]. Например, у велосипедисток элитного уровня, при выполнении интервальных тренировок в условиях имитации высоты (2100 м), произвольная интенсивность нагрузки во время продолжительных интервальных тренировок (3 × 10 мин) и повторных спринтов (3 × 6 × 15 с) снизилась на 6% по сравнению с нормабарическими условиями.

Такая тенденция к снижению абсолютной интенсивности тренировок оказывает негативное влияние на работоспособность и результативность соревновательной деятельности спортсменов на уровне моря. Например, у бегунов, скорости бега которых снизилась на 9% в ходе интервальных тренировок на высоте 2500 м, отмечалось ухудшение результатов на дистанции 5000 м (на 24 с) после проведения высотных тренировок по сравнению с теми бегунами, которые на высотных сборах смогли поддерживать такую же скорость бега, как на уровне моря.

Снижение интенсивности тренировок в условиях высоты сопровождается уменьшением транспорта кислорода. Так, например, в условиях имитации среднегорья (2500 м) скорость бега на уровне анаэробного порога уменьшается на 13%, что приводит к снижению транспорта кислорода на 19% и как следствие последующей результативности на уровне моря. Поэтому поддержание во время высотных тренировок близкой к нормобарической абсолютной интенсивности физических нагрузок, является важным фактором, обеспечивающим улучшению работоспособности и результативности соревновательной деятельности на уровне моря при использовании схемы тренировок ЖВТВ. При этом для поддержания абсолютной интенсивности физической нагрузки рекомендуется также выбирать для проведения тренировок ЖВТВ лагеря, расположенные на более низких высотах – от 1600 до 2200 м [251]. При этом необходимо учитывать, что, с одной стороны, проживание и тренировки в

условиях более низкой высоты (менее 2000 м) позволяют снизить негативное влияние на организм спортсменов гипоксии, с другой стороны этого может быть недостаточно для стимуляции эритропоэза и повышения массы гемоглобина [248].

При проведении классических высотных тренировок и проживании на высоте от 2000 до 2500 м в течение 3-4 недель под воздействием гипоксии происходит увеличение концентрации эритропоэтина – главного физиологического механизма, обеспечивающего улучшение спортивной работоспособности на уровне моря после тренировок на высоте. При этом продолжительность высотных тренировок может варьировать в зависимости от выбранного уровня высоты (степени/тяжести гипоксического воздействия). При этом увеличение массы гемоглобина после проведения высотных тренировок напрямую зависит от их дозировки. Поэтому у элитных спортсменов в циклических видах спорта, выполнявших высотные тренировки на высоте более 2000 м в течение 3-4 недель отмечается одновременное увеличение массы гемоглобина, улучшение и физической работоспособности и результативности соревновательной деятельности на уровне моря, поскольку функциональное увеличение массы гемоглобина во время гипоксического воздействия является одним из факторов повышения работоспособности и результативности соревновательной деятельности в результате высотной подготовки. Достаточные запасы железа обеспечивают механизм поддержания эритропоэза и повышения массы гемоглобина. Недостаток железа может приводить к обратному эффекту. Поэтому перед высотными сборами спортсменам необходимо принимать препараты содержащие добавки железа для повышения эффективности высотных тренировок. При этом спортсменам с нормальными клиническими показателями количества железа в организме, рекомендуется индивидуальный подход к восполнению запасов железа (более низкая дозировка по сравнению со стандартной суточной дозы, составляющей 100-200 мг [248], [253]).

Индивидуальная реакция спортсменов на спортивную подготовку в условиях среднегорья связана с действием двух механизмов адаптации: первый - ускорение в ответ на гипоксическое воздействие эритропоэза и производства эритроцитов, второй – сохранение эффективности кислородного цикла и интенсивности тренировок в условиях высоты. Факторы, определяющие действие обоих этих механизмов, отличаются высоким уровнем как межиндивидуальной, так и внутрииндивидуальной вариабельностью (изменчивостью). Например, спортсменам, отличающимся высокой сатурацией или быстрым подъемом SpO_2 на протяжении периода воздействия условий высоты, необходимо увеличить продолжительность гипоксического воздействия: увеличить высоту проведения тренировок или использовать тренировочные нагрузки большей интенсивности [248].

Необходимо учитывать, что общий стресс организма спортсмена, возникающий в результате воздействия тренировок и гипоксии, также связывают с подавлением иммунитета за счет повышения продукции эпинефрина и ослабления активации и пролиферации Т-клеток (Т-лимфоцитов). Это повышает риск инфекционных и других заболеваний у спортсменов высокой квалификации, особенно в начале гипоксического воздействия высотных тренировок, что может негативно отражаться на развитии полезных физиологических адаптаций, работоспособности и результативности спортсменов [248].

При планировании высотных тренировок в зависимости от периода проведения соревнований необходимо учитывать ослабление физиологических адаптаций (как правило, в течение 3-6 недель), сформировавшихся в условиях высотной подготовки. Например, у велосипедистов элитного уровня адаптационное повышение массы гемоглобина на 3,5% (в результате 19-дневной высотной подготовки) снизилось до 2% через 11 дней после возвращения на уровень моря. Считается, что эффект повышения уровня гемоглобина на 3,4% в результате 20-дневных тренировок ЖВТВ в условиях среднегорья (2320 м) полностью

исчезает через 20 дней пребывания на уровне моря. У кенийских бегунов элитного уровня, постоянно проживающих в высокогорных условиях, во время пребывания на уровне моря масса гемоглобина оставалась стабильной в течение 14 дней, но через 5 недель наблюдалось ее снижение на 6%.

Таким образом, период, в течение которого после горной подготовки сохраняется повышенный уровень гемоглобина, является оптимальным для участия в соревнованиях, особенно в дисциплинах с преобладанием аэробных нагрузок. Оптимальными сроками для участия в соревнованиях после проведения тренировок в условиях высоты являются первые 48-72 часов после возврата на уровень моря, когда адаптации, вызванные акклиматизацией к высоте и высотными тренировками, еще находятся на пиковом уровне или через 2-3 недели повторной акклиматизации к условиям уровня моря. При этом необходимо учитывать, что максимальная результативность после проведения высотных тренировок характеризуется высокой индивидуальную изменчивость, при этом спортсмены показывают свои лучшие результаты в достаточно широких временных рамках от 3 до 13 дней и даже по прошествии 2-4 недель после высотных тренировок [251].

На практике высококвалифицированные спортсмены обычно проводят высотные тренировки несколько раз в течение сезона в процессе подготовки к соревнованиям. Важно иметь в виду, что повторное проведение высотных тренировок в течение сезона остается практикой, рекомендуемой целым рядом спортивных тренеров и ученых [107], [248].

Помимо множественных этапов выполнения высотных тренировок в спортивных лагерях на протяжении от 2 до 4 недель, которые часто применяются спортсменами в течение разных фаз сезона, спортсмены также могут использовать повторные короткие (от 5 до 14 дней) периоды воздействия высоты, чередующиеся равными по продолжительностями периодами проведения тренировок и/или соревнований на уровне моря, в целях повышения результативности на уровне моря, которое может достигать 2%. Для спортсменов, в распоряжении которых находятся только

тренировочные базы или лагеря, расположенные на низкой высоте (< 2000 м), такая стратегия может представлять особую важность. Например, у бегунов элитного уровня, специализирующихся на дистанциях 400 и 800 м, наблюдалось увеличение массы гемоглобина на 5,1% через 3 недели пребывания в 2 тренировочных лагерях на высоте 1300 и 1650 м, которое чередовалось с 3 неделями на уровне моря, при этом после каждого тренировочного сбора по отдельности не было зарегистрировано значимых изменений в массе гемоглобина. У спортсменов, которые часто применяют высотные тренировки, быстрее развиваются реакции акклиматизации во время последующих подобных этапов подготовки, что повышает эффективность тренировочного воздействия. Это имеет особенное значение, когда высотные тренировки проводятся непосредственно перед соревнованием, и во многом обуславливает успешность или неуспешность выступления. Опытные спортсмены, которые уже применяли высотные тренировки ранее, быстро адаптируются к условиям высоты и достигают интенсивности аэробных и анаэробных нагрузок, аналогичной, которую они демонстрировали на уровне моря. При этом новичкам следует использовать более низкие объем и частоту высокоинтенсивных тренировок, чем у опытных спортсменов, с обязательным снижением интенсивности по сравнению с тренировками на уровне моря и более длительным периодом акклиматизации без использования интервальных тренировок на начальном этапе [248].

Таким образом, в настоящее время в зарубежной спортивной практике активно используются две основные системы целевого планирования тренировок – традиционная и блоковая система. При этом в современной научной литературе подтверждается эффективность блоковой периодизации по сравнению с традиционным подходом. Отдельное внимание уделяется планированию тренировочных нагрузок в рамках различных временных периодов (олимпийский цикл, сезон, этап подготовки и т.д.). Одним из важнейших показателей, который необходимо учитывать при планировании

нагрузок, является интенсивность их выполнения, непосредственно влияющая на физиологические адаптации и работоспособность спортсменов в летних циклических видах спорта.

В качестве основных средств специальной подготовки в летних циклических видах спорта обычно рассматриваются две основные формы тренировок: интервальная тренировка высокой интенсивности и спринтерская интервальная тренировка. При этом для развития выносливости наиболее эффективны интервальные тренировки высокой интенсивности с большей продолжительностью периодов работы (до 4-5 мин), а острое воздействие интенсивных тренировок с короткими интервалами (30 с) позволяет повысить показатели выходной мощности у спортсменов-спринтеров. Широко применяемые на практике большинством зарубежных тренеров в летних циклических видах спорта регулярные высотные тренировки не всегда дают положительный эффект, что диктует необходимость проверки индивидуальной восприимчивости в ходе предварительного пребывания в соответствующих условиях.

6.2 Современные тенденции совершенствования силовой подготовки спортсменов высокой квалификации в летних циклических видах спорта

Силовая подготовка является одной из важнейших составляющих тренировочного процесса не только в видах спорта, требующих проявления максимальной силы, но и в циклических видах. Многообразие и сложность двигательной деятельности в спорте связаны не только с проявлением различных видов силы (максимальной, взрывной, силовой выносливости), но и с ее проявлением в концентрическом, эксцентрическом, изометрическом, плиометрическом и баллистическом режимах, в их сложном сочетании и определяется структурой соревновательной деятельности [254]. Однако, многочисленные исследования по этой проблеме приводят к неоднозначным выводам и не дают ответа на многие вопросы.

Важность развития силовых качеств (проведения силовых тренировок)

для повышения спортивной результативности в последнее время широко обсуждается в научной и тренерской среде. Основным предметом данной дискуссии является использование дополнительных силовых тренировок, реализуемых в условиях спортивного зала, для развития мышц, которые непосредственно задействованы в выполнении соревновательного спортивного движения [6], [8]. При этом в большинстве научных исследований экспериментальные тренировки, направленные на одновременное увеличение максимальной силы и повышение соревновательной результативности являются, по сути, средствами развития выносливости средней интенсивности, но не силовых качеств [8].

При рассмотрении данной проблемы необходимо учитывать, что важнейшим адаптационным механизмом, развивающимся в организме спортсмена в результате силовых тренировок, является высокий уровень активации и работы нервно-мышечной системы, создающим необходимые базовые условия для развития основных силовых качеств: максимальной силы, взрывной силы и силовой выносливости [4], [8].

В спринтерских дисциплинах летних циклических видов спорта результативность напрямую зависит от характеристик силы и мощности движений, которые спортсмен способен развивать при преодолении короткой дистанции. Анаэробный режим работы и высокие требования к уровню силовой подготовленности для спортсменов-спринтеров обуславливают необходимость проведения интенсивных силовых тренировок в тренажерном зале. При этом также большое значение имеет развитие взрывной силы, необходимой для эффективного выполнения стартового рывка [6]. Мгновенное развитие максимальной силы мышц при старте зависит от скорости активации большого количества мотонейронов в течение как можно более короткого промежутка времени. Развитие данных способностей происходит только в ходе силовых упражнений с высокой скоростью выполнения движений.

Для спортсменов летних циклических видов спорта на выносливость

одним из важнейших качеств является способность длительное время выполнять работу субмаксимальной интенсивности. Естественно, что тренировкам выносливости уделяется большое внимание. Они способствуют развитию адаптивных реакций сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем, которые обеспечивают высокий уровень физической работоспособности спортсменов [255], [256]. При этом во многих циклических видах спорта для достижения высокого уровня подготовленности и результативности на средних и длинных дистанциях применяют комбинированные тренировки на развитие выносливости и силы. Эффективность параллельного проведения тренировок такого типа в рамках одной и той же тренировочной программы подтверждена и учеными и тренерами-практиками [257]. По их мнению, дополнительное применение общесиловых тренировок, наряду со специальной силовой подготовкой, способствует повышению уровня подготовленности и результативности спортсменов. Например, экономичность бега возрастала после проведения интервальных упражнений, включающих преодоление спринтерских дистанций в гору [258]. А выполнение приседаний с максимальной внешней нагрузкой приводило к получению сходных результатов, например, повышению эффективности педалирования на дистанции 20 км. Проведение силовых тренировок позволяет спортсменам в циклических видах спорта добиваться более высокой экономизации резервов организма благодаря развитию оптимальной субмаксимальной силы во время выполнения специальных для данного вида спорта циклов движений (шагов в беге, педалирования в велоспорте, гребков в плавании и гребле).

В настоящее время среди зарубежных ученых не существует единого мнения по вопросу: какие общесиловые тренировки (тренировки максимальной силы, плиометрические силовые тренировки, тренировки взрывной силы и силовые тренировки с сопротивлением) наиболее эффективны для повышения уровня подготовленности спортсменов с учетом специфики различных летних циклических видов спорта. Например, в

плавании одни авторы высказываются в пользу плиометрических силовых тренировок [5], [17], [29], другие указывают на преимущества тренировок максимальной силы [8], [9]. В беговых дисциплинах развитие взрывной силы обеспечивает сокращение времени активации мышц, по сравнению с тренировками максимальной силы [259].

В этой связи Ambrosini L. с соав. [255] получили данные, что общесиловые тренировки, не воспроизводящие двигательные модели в циклических видах спорта (бег, велоспорт, триатлон), все же позволяют повысить уровень работоспособности и результативность спортсменов. При этом показатели аэробных возможностей организма спортсмена не изменялись, а улучшение физической работоспособности обусловливается воздействием силовых факторов, которые отличались в разных видах спорта. Таким образом, одновременное проведение силовых тренировок и тренировок выносливости не оказывало негативного влияния на аэробную способность спортсменов [260]. Напротив, улучшение нервно-мышечной координации наблюдаемое в результате проведения силовых тренировок приводило к замедлению наступления утомления, а изменения в составе волокон скелетных мышц способствовало повышению аэробных возможностей [261].

Комплексное проведение общесиловых тренировок обеспечивает повышение экономичности работы в циклических видах спорта. При этом в беге наиболее эффективны плиометрические тренировки, чем тренировки максимальной силы, или силовые тренировки с сопротивлением. В велоспорте максимальные силовые тренировки демонстрировали невысокое влияние на экономичность педалирования по сравнению с общим эффектом от применения других типов общесиловых тренировок. При этом в триатлоне развитие максимальной силы обуславливало экономичность работы как на велоэтапе, так и во время бегового этапа.

Разные типы общесиловых тренировок оказывают различное влияние на физическую работоспособность спортсменов. Например, проведение

плиометрических тренировок, тренировок максимальной силы демонстрировали малую эффективность для повышения показателей физической работоспособности у бегунов. При этом у велосипедистов тренировки максимальной силы обуславливали улучшение физической работоспособности, однако, по мнению Ambrosini L. с соав. [255] использование других типов силовых тренировок может оказаться более предпочтительным в велоспорте.

В плавании для достижения более высокой эффективности во время силовых тренировок рекомендуется чередовать тренировочные нагрузки различной интенсивности и объема. При этом интенсивность нагрузок не должна быть ниже 50–60% от максимальной [8], а упражнения должны наиболее точно повторять кинетические и динамические характеристики двигательных действий, применяемых в данном виде спорта [262].

Таким образом, достигнутый уровень силовой подготовленности, в первую очередь, должен быть направлен на повышение эффективности выполнения реальных двигательных задач. 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. Поэтому требуется интенсивность нагрузки выше 90% максимальной нагрузки. Поскольку цель подобных тренировок заключается в улучшении нервно-мышечной координации, упражнения должны выполняться на фоне достигнутого восстановления от предыдущей тренировки и влияние утомления должно быть сведено к минимуму [8].

Важно учитывать, что в тренировках на развитие максимальной силы акцент делается на преодоление максимально возможного сопротивления при минимальном количестве повторении упражнения, а в ходе тренировок мощности главное внимание уделяется максимальной скорости перемещения более легкого веса.

Правильное сочетание различных средств и методов силовой

подготовки обеспечит оптимизацию физической работоспособности и достижение более высоких результатов спортсменов в летних циклических видах спорта. При этом силовая подготовка должна быть полноценно интегрирована в круглогодичный тренировочный процесс наравне с тренировками выносливости и с учетом их взаимного влияния на спортивный результат.

Таким образом, в настоящее время основные исследования зарубежных ученых сосредоточены на поиске эффективных средств и методов, используемых в силовых тренировках, а также новых моделей силовой подготовки спортсменов высокого класса в летних циклических видах спорта. Полученный материал свидетельствует о необходимости подбора средств и методов силовой подготовки в строгом соответствии с конкретными задачами тренировочного процесса, учете механизмов воздействия на двигательную систему и адаптационные процессы, происходящие при этом в организме спортсмена.

6.3 Современные тенденции совершенствования технической подготовки в летних циклических видах спорта

Выбор той или иной техники физического упражнения во время тренировок оказывает дополнительное влияние на сердечно-сосудистую и мышечную системы помимо воздействия внешней нагрузки. Количество повторений, не приводящих к травмам и перегрузки, также отличается при разной технике физических упражнений. Поэтому выбор техники физических упражнений определяет продолжительность тренировок в разных зонах интенсивности, а также необходимость использования альтернативных видов тренировок и эффективность реализации тренировочной программы в целом. В разных летних циклических видах спорта существуют особенности влияния техники выполнения физических упражнений на тренировочную нагрузку у спортсменов международного класса (таблица 49) [263]. Например, в беге на длинные дистанции комбинация самостоятельного перемещения собственного веса и

Таблица 49 – Особенности двигательных характеристик, переносимости физических нагрузок, продолжительности низкоинтенсивных тренировок и годового объема тренировок в летних циклических видах спорта [263]

Вид спорта	Двигательные характеристики видов упражнений	Последствия, связанные с толерантностью к объему нагрузки	Типичная продолжительность низкоинтенсивных тренировок (ч:мин)	Годовой объем специальных тренировок (ч)
Бег на длинные дистанции	Самостоятельное перемещение собственного веса Высокие ударные силы Плиометрический режим сокращения мышц Доминирование нагрузки на ноги	Высокий риск травматизма/перегрузок Высокая нагрузка на мышцы Низкая переносимость к объему нагрузки	0:45-1:30	5-600
Шоссейный велоспорт	Отсутствие самостоятельного перемещения собственного веса Долгое время мышечного сокращения Концентрический режим сокращения мышц Доминирование нагрузки на ноги	Низкий риск травматизма/перегрузок Средняя нагрузка на мышцы Высокая переносимость к объему нагрузки	3:00-5:00	9-1000
Гребля	Отсутствие самостоятельного перемещения собственного веса Среднее время мышечного сокращения В основном концентрический режим сокращения мышц Нагрузка на все тело	Средний риск травматизма/перегрузок Высокая нагрузка на мышцы Средняя переносимость к объему нагрузки	1:00-2:00	6-800
Плавание	Отсутствие самостоятельного перемещения собственного веса Медленное сокращение В основном концентрический режим сокращения мышц Нагрузка на все тело	Низкий риск травматизма/перегрузок Низкая нагрузка на мышцы Высокая переносимость к объему нагрузки	1:30-2:30	9-1000

плиометрического режима работы мышц создает высокие нагрузки на мышцы и сухожилия во время каждого бегового шага. Поэтому общий объем и продолжительность низкоинтенсивных беговых тренировок являются сравнительно невысокими по сравнению с другими циклическими видами спорта [49], [104], [117], [184]. Продолжительность большей части низкоинтенсивных тренировок спортсменов элитного уровня во время самого интенсивного периода подготовки составляет примерно 1 ч, хотя большинство спортсменов в других видах спорта выполняют еженедельно одну легкую пробежку длительностью 1:30-2:00 ч. При этом бег по мягким покрытиям позволяет проводить более длительные тренировки с большими тренировочными объемами. Движения, выполняемые во время бега не являются основной причиной, ограничивающей продолжительность тренировки. Важную роль здесь играет взаимодействие бегуна с твердой поверхностью, которое вызывает значительные ударные нагрузки во время фазы приземления (контакта с поверхностью). Поэтому для поддержания достаточно высокой тренировочной нагрузки, спортсмены выполняют беговые тренировки два раза в день и используют во время некоторых низкоинтенсивных тренировок беговые упражнения сравнительно высокий объем тренировочной нагрузки в зонах средней и высокой интенсивности.

В отличие от бегунов велосипедисты-шоссейники выполняют тренировки высокого объема до 30000-35000 км в год (примерно 900-1000 ч) [184]. При этом нагрузки велосипедисток примерно на 20% меньше по сравнению со спортсменами мужского пола. Типичная продолжительность низкоинтенсивных тренировок у мужчин составляет 4-5 ч, у женщин – 3 ч, почти в три раза больше по сравнению с бегом. При этом бегуны проводят две тренировки в день, а велосипедисты обычно ограничиваются одной ежедневной тренировкой. Выполняемые во время педалирования концентрическое движение характеризуется отсутствием самостоятельного перемещения собственного веса, что обуславливает большую продолжительность велосипедных тренировок. Также велосипедисты могут

использовать драфтинг, то есть ездю в аэродинамическом кармане за товарищами по команде/соперниками, что позволяет им значительно снизить затраты на выходную мощность.

В гребле движения также характеризуются концентрическим режимом сокращения мышц и не связаны с самостоятельным перемещением собственного веса. Спортсмены высокой квалификации в гребле выполняют объемы тренировок, сходные с велосипедистами (до 1100 ч в год), Вместе с тем только половина из них приходится на греблю как таковую, примерно 50 часов в месяц и 12-14 часов в неделю. При этом типичная продолжительность низкоинтенсивных тренировок по гребле составляет 60-90 мин из-за высокой мышечной нагрузки во время гребли. Однако гребцы компенсируют свой низкий объем специальных упражнений по гребле, за счет других видов физических упражнений. Например, сразу за 1-часовой тренировкой по гребле может следовать 2-часовая тренировка на велосипеде. Применение таких неспециальных тренировок доказало свою эффективность и обеспечивает снижение риска травматизма/перегрузок, связанного с проведением специальных тренировок. Данное повышение результативности само по себе может оказаться меньшим, чем в результате выполнения более специфических тренировок.

В плавании движения выполняются с низкой скоростью сокращения мышц и без самостоятельного перемещения собственного веса, что позволяют поддерживать большой объем тренировок, как в велоспорте и гребле, при этом основной тренировочной направленностью спорта являются специальные тренировки [49]. Пловцы обычно применяют низкоинтенсивные специальные упражнения, распределяемые между утренней и вечерней тренировками. При этом продолжительность низкоинтенсивных тренировок составляет 60-90 минут. Также примерно один раз в неделю проводится 2 часовая тренировка.

Таким образом применение принципиально разной техники движений (при одинаковом уровне функциональных затрат) спортсменами элитного

уровня в циклических видах спорта на выносливость обуславливает различие объемов тренировочной нагрузки низкой и средней интенсивности. Например, выполнение шагов с переносом веса с одной ноги на другую и высокими ударными силами при контакте с опорой во время бега на длинные дистанции связано с большими нагрузками на мышцы и сухожилия, что является причиной сравнительно низкой переносимости объема физической нагрузки. Напротив, не связанные с перемещением собственного веса и выполняемые при низком сокращении мышц движения в велоспорте и плавании позволяют использовать более высокие объемы низкоинтенсивных тренировок [263].

6.4 Современные тенденции совершенствования психологической подготовки в летних циклических видах спорта

Изучению психологических проблем у спортсменов в циклических видах спорта на выносливость исследуются в настоящее время посвящено небольшое количество научных исследований. При этом перед учеными встают два основных вопроса: первый - спортсмены выбирают виды спорта на выносливость для облегчения или избавления от уже имеющихся у них психологических проблем?, второй – именно занятия данными видами спорта вызывают у спортсменов различные психологические изменения? [264], [265].

В научной литературе имеются сведения, что статистически значимое увеличение случаев проявления депрессии проявляло корреляцию с наиболее высоким по объему тренировочным блоком. При этом регистрируется значимое увеличение показателей оценок интенсивности физических нагрузок, мышечной боли, депрессии, гнева, утомления и общего расстройства настроения наряду с ухудшением общего самочувствия. Например, в 80% случаев пловцы подвержены депрессивным состояниям. Депрессия также отмечается у 21% триатлонистов, а риску депрессии подвержены 20% ультрамарафонцев (таблица 50).

Таблица 50 – Обобщенные результаты исследований психологических проблем у спортсменов в циклических видах спорта на выносливость [265]-[273]

Психологические нарушения	Описание результатов и применяемых методов исследования
Депрессия	На протяжении 10-летнего исследования у пловцов на длинные дистанции наблюдалось ухудшение настроения в течение периода наиболее высокого объема тренировок (шкала «Профиль состояний настроения» (Profile of Mood States (POMS)). В 80% случаев было диагностировано проявление клинической депрессии.
Депрессия	По мере увеличения тренировочного объема в ходе выполнения 12-дневного блока высокообъемных тренировок наблюдалось ухудшение самочувствия и настроения и усиление депрессии (шкале POMS).
Расстройство пищевого поведения	Риск расстройства пищевого поведения у триатлонистов был выявлен у 28% женщин и 11% мужчин (Тест отношения к приёму пищи-26 (EAT-26)). При этом спортсмен контролировали (ограничивали) питание и вес тела. Все спортсмены были неудовлетворены своим телом (Тест по определению типа фигуры (Body Test)).
Расстройство пищевого поведения	Всего у 30,6% триатлонистов был выявлен риск первичной зависимости от физических упражнений, у 21,6% - риск вторичной зависимости от физических упражнений, у 12,3% - риск возникновения расстройств пищевого поведения. (Опросник зависимости от физических упражнений (Exercise Dependence Questionnaire (EDQ)) и теста EAT-26).
Депрессия	. Депрессия была диагностирована у 21% триатлонистов, 12% находились в процессе лечения депрессии или демонстрировали расстройства настроения (шкала депрессии Бека 2 (Beck Depression Inventory II)). При этом оценка депрессии не проявляла связи с настроением во время гонки.
Расстройство пищевого поведения, тревожное расстройство, паническое расстройство	Риск расстройств пищевого поведения был обнаружен у 12% бегунов, 14% велосипедистов и 18% байдарочников, специализирующиеся на длинных дистанциях(Опросник ориентации на физические упражнения (Exercise Orientation Questionnaire (EOQ)). Выявлена взаимосвязь между неприязнью к себе и симптомами расстройств пищевого поведения для всей спортсменов, особенно у женщин. Проявление симптомов тревожных и панических расстройств в большей степени наблюдалось среди байдарочников. У байдарочников были зарегистрированы более высокие баллы оценки неприязни к себе, по сравнению с велосипедистами. Наиболее ярко проявлялись симптомы тревожных и панических расстройств проявлялись у женщин в группе байдарочников.
Тревожное расстройство	Более высокие тренировочные нагрузки в ходе 40-недельного тренировочного блока проявляли корреляцию с более высокими баллами оценок тревожности и утомления у триатлонистов элитного уровня

Продолжение таблицы 50

Психологические нарушения	Описание результатов и применяемых методов исследования
Расстройство пищевого поведения	В результате исследования расстройств пищевого поведения и минеральной плотности костей триатлонистов у 60% спортсменов обнаружен дефицит калорий, а у 40% - аменорея. (тест EAT-26 и измерения с применением двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии)
Расстройство пищевого поведения	Риск расстройства пищевого поведения обнаружен у 19,7% велосипедистов. Всего 45,9% опрошенных спортсменов считают, что расстройства пищевого поведения является распространенным состоянием в велоспорте (тест EAT-26 и Опроса о расстройстве пищевого поведения среди велосипедистов (Survey of Eating Disorder Among Cyclists (SEDAC))
Расстройство пищевого поведения, депрессия	У 30% триатлонистов, специализирующихся на гонке Ironman выявлен риска и с симптомами зависимости от физических упражнений. (Three Factor Eating Questionnaire (TFEQ), Шкала психологического дистресса Кесслера 6).
Тревожное расстройство, расстройство, связанное с употреблением алкоголя	Риск тревожного расстройства был выявлен у 44,3% триатлонистов при этом риск тревожного расстройства также отмечен 57% спортсменов более низкой квалификации. (Мини-международное нейропсихиатрическое интервью [MINI international neuropsychiatric interview, 5.0). Генотипический анализ продемонстрировал более высокую частоту полиморфизмов некоторых генов, связанных с тревожным расстройством и стрессом для гомеостаза, алкогольной зависимостью и злоупотреблением алкоголем.
Расстройство пищевого поведения	Результаты исследования пищевого поведения, стремления к худобе и физической активности велосипедистов мужского пола, указывают на риск зависимости от физических упражнений у 8,24% и симптомы первичной зависимости от физических упражнений у 70% спортсменов. При этом 1,18% находились в группе риска и 10,59% проявляли симптомы вторичной зависимости от физических упражнений, что указывает на присутствие расстройства пищевого поведения. Зависимость от физических упражнений в большей степени проявлялась увеличении часты тренировок (Опросник физической активности в свободное время [Leisure Time Exercise Questionnaire).
Тревожное расстройство, депрессия	В результате изучения зависимость от физических упражнений у велосипедистов-любителей, специализирующихся на длинных дистанциях, установлено, что тревожного расстройства наблюдаются у 17% спортсменов. В группе риска выявлено более низкое качество жизни,. Тревожное расстройство не проявляло зависимости от тренировочного объема. (Определитель аддикции упражнений (Exercise Addiction Inventory (EAI)), Опросник оценки качества жизни (Quality of Life (QoL)), Больничная шкала тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale).

Продолжение таблицы 50

Психологические нарушения	Описание результатов и применяемых методов исследования
Депрессия	В результате оценка аддикции упражнений (зависимости от физических упражнений) и депрессии у ультрамарафонцев установлено, что 20% спортсменов подвержены риску тревожного расстройства, а еще у 20% - риск депрессии. (Определитель аддикции упражнений (EAI) и Опросника по состоянию здоровья (PHQ-2))
Тревожное расстройство	В группе сверхвыносливых спортсменов были зарегистрированы высокие баллы оценки аддикции упражнений, а также средний балл специфической оценки тревожного расстройства. (Шкала сбалансированного измерения психологических потребностей Balanced Measure of Psychological Needs Scale (BMPN)), Шкала компонентов волевых действий (Volitional Components Inventory) и Определитель аддикции упражнений (EAI))
Расстройство пищевого поведения	Зависимость от физических упражнений, проявляла корреляцию с повышенным тренировочным объемом у велосипедистов и триатлонистов мужского пола. Спортсмены, входящие в группу риска зависимости от физических упражнений, также подвергались риску расстройств пищевого поведения и отличались низкой доступностью энергии (Опросник изучения пищевого расстройства (EDE-Q), Оценка расстройства пищевого поведения (EDS))
Расстройство пищевого поведения	У 6,2% сверхвыносливых спортсменов-любителей присутствует пищевая зависимость, (Йельская шкала пищевой зависимости (Yale Food Addiction Scale 2.0), у 6,5% спортсменов отмечаются расстройства пищевого поведения (Диагностическая шкала расстройства пищевого поведения (Eating Disorder Diagnostic Scale (EDDS)). Присутствие зависимости от физических упражнений выявлено у 30,5% спортсменов (Опросник по диагностике зависимости от физических упражнений в видах спорта на выносливость (Questionnaire to Diagnose Exercise Dependence in Endurance Sports (FESA)). При этом данные результаты не проявляли зависимости от длительности тренировок в неделю.
Расстройство пищевого поведения	У велосипедистов и триатлонистов, специализирующихся на длинных дистанциях, был выявлен 17,9% риск присутствия расстройств пищевого поведения. Более высокие показатели были зарегистрированы у спортсменок женского пола и у велосипедистов, более низкие – у спортсменов мужского пола и триатлонистов. (Пересмотренная шкала ограничения питания (Revised Restraint Scale (RRS)), Опросник SCOFF по выявлению расстройства пищевого поведения, Оценка приверженности средиземноморской диете (MEDAS))

Продолжение таблицы 50

Психологические нарушения	Описание результатов и применяемых методов исследования
Тревожное расстройство, расстройство, связанное с употреблением алкоголя	Риск зависимости от физических упражнений выявлен у 64% велосипедисты-любители мужского пола, специализирующиеся на длинных дистанциях, а также у 60% спортсменок. Пониженная оценка качества жизни и повышенное употребление алкоголя было обнаружено у 14,8% спортсменов. (Определитель аддикции упражнений (EAI)), Опросника оценки качества жизни (QoL))
Расстройство пищевого поведения	Высокий риск расстройств пищевого поведения выявлен у 11% у велосипедистов мужского пола, проявляя отрицательную корреляцию с результатами оценки знаний о питании. (Опросник по оценке знаний о спортивном питании (Sports Nutrition Knowledge Questionnaire (SNKQ)), Краткий опросник о расстройствах пищевого поведения у спортсменов (Brief Eating Disorder in Athletes Questionnaire (BEDA-Q))
Расстройство пищевого поведения	Риск расстройств пищевого поведения был выявлен у 32% велосипедисток женского пола, 80% опрошенных указывают на высокий риск расстройств пищевого поведения, связанный с занятиями велоспортом. (Тест отношения к приему пищи (EAT-26)).
Депрессия	Риск зависимости от физических упражнений был выявлен у 23,6% спортсменов высокого уровня результативности. При этом у страдающих зависимостью от физических упражнений спортсменов была обнаружена более высокая вероятность депрессии и перенесения детских травм. (Шкала перенесенных в детстве травм с применением Опросника о детских травмах (ChildhoodTrauma Questionnaire (CTQ)), Гомбургская шкала оценки СДВГ у взрослых (Homburger ADHS Skalen für Erwachsene (HASE)), Шкалы депрессии Бека (Beck Depression Inventory, BDI).
Расстройство пищевого поведения	Риск расстройств пищевого поведения был выявлен у 44,5% ультрамарафонцев мужского пола и у 63,5% спортсменок (Опросник по скринингу на триаду женщин-спортсменок (Female Athlete Triad Screening Questionnaire), Опросник изучения пищевого расстройства (Eating Disorder Examination Questionnaire). Присутствие стрессовых повреждений костной ткани было выявлено у 37,5% спортсменок и 20,5% спортсменов мужского пола (двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия).

У спортсменов высокого уровня результативности высокая вероятность присутствия депрессии связана с проявлением зависимости от физических упражнений. У спортсменов циклических видов спорта на выносливость также существует зависимость между объемом тренировок, восприятием утомления и тревожными расстройствами. При этом наибольшее проявление тревожных и панических состояний характерно для женщин-спортсменок. Необходимо отметить, что риск развития тревожности у триатлонистов высокой квалификации составляет 44 % (у спортсменов более низкой квалификации – 57%), у ультрамарафонцев - 20%, а велосипедистов-любителей 17% [265].

Результаты научных исследований свидетельствуют о расхождении между воспринимаемыми и фактическими показателями индекса массы тела (ИМТ) и телосложения, а также практики недоедания у 74,5% спортсменов мужского пола и 73,9% спортсменок в циклических видах спорта, связанных с проявлением выносливости. При этом отмечается неудовлетворенность своим ИМТ почти у всех спортсменов. Существует тесная взаимосвязь между недовольством собой и симптомами расстройств пищевого поведения, особенно среди женщин. При этом риск расстройств пищевого поведения наблюдается у 44% ультрамарафонцев мужского пола и у 63% женщин; в триатлоне – у 28% женщин и 11-18 % мужчин; в велоспорте – у 11-19 % у велосипедистов мужского пола 32% велосипедисток женского пола; в гребле на байдарках у 18% спортсменов, специализирующихся на длинных дистанциях.

Результаты научных исследований свидетельствуют о том, что расстройства пищевого поведения представляют собой одну из важных проблем и, могут указывать на присутствие других серьезных нарушений здоровья, включая низкую минеральную плотность костей, аменорею, низкую доступность энергии и дефицит калорий. Расстройства пищевого поведения, нарушение режима питания и низкий ИМТ обуславливают развитие дефицитом энергии у спортсменов и указывают на дополнительный

риск нарушений гормонального фона и потерь костной массы у спортсменов. Входящие в группу риска спортсмены демонстрируют наибольшее расстройство пищевого поведения и нарушение режима питания, вплоть до развития нервной анорексии. На пищевое поведение спортсменов оказывают влияние стереотипы, характерные для видов спорта на выносливость, при этом сами спортсмены убеждены, что расстройства пищевого поведения являются нормальным и вполне ожидаемым явлением для данных видов спортивной деятельности [266]-[268], [270], [272].

Высокая статистически значимая взаимосвязь существует между пищевой зависимостью и зависимостью от физических упражнений. Риск развития зависимости от физических упражнений проявляет положительную корреляцию с большими объемами физических нагрузок без надлежащего восстановления и может повлечь за собой серьезные нарушения здоровья спортсменов и развитие синдрома перетренированности. Состояние зависимости от физических упражнений характеризует стремление использовать физические нагрузки для инициирования психологического эффекта направленного на управление тревогой. То есть зависимость от физических упражнений обуславливается психопатологическими состояниями, которые побуждают спортсменов к использованию физических нагрузок для того, чтобы вызвать эффект улучшения этих состояний. Например, риск зависимости от физических упражнений отмечается у 64% велосипедистов мужского пола, а также у 60% спортсменок, специализирующиеся на длинных дистанциях. При этом у 30,6% триатлонистов присутствует риск первичной зависимости от физических упражнений, у 21,6% - риск вторичной зависимости от физических упражнений [265], [274].

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. Cimadoro // *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> (дата обращения 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-Mohíno, 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 underwater 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 strengthtraining in elite junior swimmers: the role of the low-volume, high-velocity training on swim-ming 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. Pupišová, Z. Organism response to load in swimming training / Z. Pupišová, V. Franek, J. Kompán // Slovak Journal of Sport Science. - 2021. - Vol. 7. - №. 2. – P. 31-39.

39. Brunn, D. Silový tréning a maximálna aeróbna 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-Mohíno, 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. Alshdoukhi, K.A.S. Three weeks of combined resisted and assisted in-

water training for adolescent sprint backstroke swimming: a case study / K.A.S. Alshdoukhi, 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/biol sport.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. Wadrzyk, Ł. Gender effect on underwater undulatory swimming technique of young competitive swimmers / Ł. Wadrzyk, R. Staszkiwicz, Ł. Kryst, M. Zeglen // *Acta Bioeng. Biomech.* – 2019. – Vol. 21. – P. 3–11.

71. Wadrzyk, L. Relationship between somatic build and kinematic indices of underwater undulatory swimming performed by young male swimmers / L. Wadrzyk, R. Staszkiwicz, M. Zeglen, LKryst // *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).

87. Jones, A.M. Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace / A.M. Jones, B.S. Kirby, I.E. Clark, H.M. Rice, E. Fulkerson, L.J. Wylie, D.P. Wilkerson, A. Vanhatalo, B.W. Wilkins // *J. Appl. Physiol.* – 2021. – Vol. 130. – P. 369–379.

88. Joyner, M.J. Physiology and fast marathons / M.J. Joyner, S.K. Hunter, A. Lucia, A.M. Jones // *J Appl Physiol*. – 2020. – Vol. 128. – P. 1065–1068.

89. Kirby B.S. Interaction of exercise bioenergetics with pacing behavior predicts track distance running performance / B.S. Kirby, B.J. Winn, B.W. Wilkins, A.M. Jones // *J Appl Physiol*. – 2021. – Vol. 131. – P. 1532–1542.

90. Maunder, E. The Importance of “durability” in the physiological profiling of endurance athletes / E. Maunder, S. Seiler, M.J. Mildenhall, A.E. Kilding, D.J. Plews // *Sports Med*. – 2021. – Vol. 51. – P. 1619–1628.

91. Clark, I.E. Dynamics of the power-duration relationship during prolonged endurance exercise and influence of carbohydrate ingestion / I.E. Clark, A. Vanhatalo, C. Thompson, C. Joseph, M.I. Black, J.R. Blackwell // *J Appl Physiol*. – 2019. – Vol. 127. – P. 726–736.

92. Haugen, T. The training characteristics of world- class distance runners: an integration of scientific literature and results-proven practice / T. Haugen, O.

Sandbakk, S. Seiler, E. Tonnessen // *Sports Medicine – Open.* – 2022. – Vol. 8:46. – P. 1-18. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00438-7> (дата обращения 22.06.2023).

93. Haugen, T. Crossing the golden training divide: the science and practice of training world-class 800- and 1500-m runners / T. Haugen, , O. Sandbakk, E. Enoksen, S. Seiler, E. Tonnessen // *Sports Med.* – 2021. – Vol. 51. – P. 1835–1854.

94. Haugen, T. The training and development of elite sprint performance: an integration of scientific and best practice literature / T. Haugen, , S. Seiler, O. Sandbakk, E. Tonnessen // *Sports Med Open.* – 2019. – Vol. 5. – Art. 44.

95. Haugen, T. Best-practice coaches: an untapped resource in sportscience research / T. Haugen // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. – Vol. 16. – P. 1215–1216.

96. Haugen, T. Key success factors for merging sport science and best practice / T. Haugen // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2019. – Vol. 15. – Art. 297.

97. Filipas L. Effects of 16 weeks of pyramidal and polarized training intensity distributions in well-trained endurance runners / L. Filipas, M. Bonato, G. Gallo, R. Codella // *Scand J Med Sci Sports.* – 2022. – Vol. 32. – P. 498–511.

98. Casado, A. Training Volume and Intensity Distribution among Elite Middle- and Long-Distance Runners. In *The Science and Practice of Middle- and Long-Distance Running* / A. Casado, L.I. Tjelta. - Eds.: R. Blagrove, P. Hayes. - Routledge: New York, NY, USA, 2021.

99. Bishop, D.J. Crosstalk opposing view: exercise training volume is more important than training intensity to promote increases in mitochondrial content / D.J. Bishop, J. Botella, C. Granata // *J. Physiol.* 2019. – Vol. 597. – P. 4115–4118.

100. Van der Zwaard, S. Under the hood: Skeletal muscle determinants of endurance performance / S. Van der Zwaard, F. Brocherie, R.T. Jaspers // *Front Physiol.* – 2021. – Vol. 7. – Art. 19434.

101. MacInnis, M.J. CrossTalk proposal: exercise training intensity is more important than volume to promote increases in human skeletal muscle mitochondrial content / M.J. MacInnis, L.E. Skelly, M.J. Gibala // *J Physiol.* – 2019. – Vol. 597. – P. 4111–4113.

102. Talsnes, R.K. Effects of increased load of low- versus high-intensity endurance training on performance and physiological adaptations in endurance athletes. / R.K. Talsnes, R. van den Tillaar, O. Sandbakk // *Int J Sports Physiol Perf.* - 2021.
103. Sandbakk, O. The influence of exercise modality on training load management / O. Sandbakk, T. Haugen, G. Ettema // *Int J Sports Physiol Perform.* - 2021. - Vol. 16. - P. 605–608.
104. Casado, A. World-class long-distance running performances are best predicted by volume of easy runs and deliberate practice of short-interval and tempo runs / A. Casado, B. Hanley, J. Santos-Concejero, L.M. Ruiz-Pérez // *J. Strength Cond. Res.* - 2021. - Vol. 35. - P. 2525–2531.
105. Kenneally, M. Training Intensity Distribution Analysis by Race Pace vs. Physiological Approach in World-Class Middle- and Long-Distance Runners / M. Kenneally, A. Casado, J. Gómez-Ezeiza, J. Santos-Concejero // *Eur. J. Sport. Sci.* - 2020. - Vol. 21. - P. 819–826.
106. Bellinger, P. Quantifying the training-intensity distribution in middle-distance runners: the influence of different methods of training-intensity quantification / P. Bellinger, B. Arnold, C. Minahan // *Int J Sports Physiol Perform.* - 2020. - Vol. 15. - P. 319–323
107. Mujika, I. Contemporary periodization of altitude training for elite endurance athletes: a narrative review / I. Mujika, A.P. Sharma, T. Stellingwerff // *Sports Med.* - 2019. - Vol. 49(11). - P. 1651–1669.
108. Stellingwerff, T. Nutrition and altitude: strategies to enhance adaptation, improve performance and maintain health: a narrative review / T. Stellingwerff, P. Peeling, L.A. Garvican-Lewis, R. Hall, A.E. Koivisto, I.A. Heikura, L.M. Burke // *Sports Med.* - 2019. - Vol. 49. - P. 169–184.
109. Siebenmann, C. Hypoxic training is not beneficial in elite athletes / C. Siebenmann, J.A. Dempsey // *Med Sci Sports Exerc.* - 2020. - Vol. 52. - P. 519–522.
110. Tjelta, L.I. Three Norwegian Brothers All European 1500 m Champions: What Is the Secret? / L.I. Tjelta // *Int. J. Sport. Sci. Coach.* - 2019. - Vol. 14. - P. 694–700.

111. Foster, C. Polarized training is optimal for endurance athletes / C. Foster, A. Casado, J. Esteve-Lanao, T. Haugen, S. Seiler // *Med Sci Sports Exerc.* – 2022. – Vol. 54(6). – P. 1028–1031.
112. Casado, A. Does lactate-guided threshold interval training within a high-volume low-intensity approach represent the “next step” in the evolution of distance running training? / A. Casado, C. Foster, M. Bakken, L.I. Tjelta // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2023. – Vol. 20. – Art. 3782. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph20053782> (дата обращения 22.06.2023).
113. Jones, A.M. The maximal metabolic steady state: redefining the “Gold Standard” / A.M. Jones, M. Burnley, M.I. Black, D.C. Poole, A. Vanhatalo // *Physiol. Rep.* – 2019. – Vol. 7. – Art. e14098.
114. Campos, Y. Training-intensity distribution on middle- and long-distance runners: a systematic review / Y. Campos, A. Casado, J.G. Vieira, M. Guimarães, L. SantAna, L. Leitão, S.F. da Silva, P.H. Silva Marques De Azevedo, J. Vianna,; R. Domínguez // *Int. J. Sport. Med.* – 2021. – Vol. 43. – P. 305–316.
115. Burnley, M. Polarized training is not optimal for endurance athletes / M. Burnley, S.E. Bearden, A.M. Jones // *Med Sci Sports Exerc.* – 2022. – Vol. 54(6) . – P. 1032–1034.
116. Casado, A. Training periodization, methods, intensity distribution, and volume in highly trained and elite distance runners: a systematic review / A. Casado, F. González-Mohíno, J.M. González-Ravé, C. Foster // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2022. – Vol. 17(6). – P. 820–833.
117. Kenneally, M. Training characteristics of a World Championship 5000-m finalist and multiple continental record holder over the year leading to a World Championship final / M. Kenneally, A. Casado, J. Gomez-Ezeiza, J. Santos-Concejero // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* – 2021. – Vol. 17. – P. 1–5.
118. Casado, A. Deliberate Practice in Training Differentiates the Best Kenyan and Spanish Long-Distance Runners / A. Casado, B. Hanley, L.M. Ruiz-Pérez // *Eur. J. Sport. Sci.* – 2020. – Vol. 20. – P. 887–895.
119. Rosenblat, M.A. Effect of interval training on the factors influencing maximal oxygen consumption: a systematic review and meta-analysis / M.A. Rosenblat, C. Granata, S.G. Thomas // *Sport. Med.* – 2022. – Vol. 52. – P. 1329–

1352.

120. Bakken, M. The Norwegian Model of Lactate Threshold Training and Lactate Controlled Approach to Training / M. Bakken. – URL: www.mariusbakken.com/the-norwegian-model.html (дата обращения 08.08.2023).

121. Schoenmakers, P.P.J.M. The moderating role of recovery durations in high-intensity interval-training protocols / P.P.J.M. Schoenmakers, F.J. Hettinga, K.E. Reed // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2019. – Vol. 14. – P. 859–867.

122. Sánchez-Otero, T. Active vs. passive recovery during an aerobic interval training session in well-trained runners / T. Sánchez-Otero, J.L. Tuimil, D. Boulosa, A. Varela-Sanz, E. Iglesias-Soler // *European Journal of Applied Physiology.* – 2022. – Vol. 122. – P. 1281–1291. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04926-2> (дата обращения 09.06.2023).

123. Schoenmakers, P.P.J.M. The effects of recovery duration on physiological and perceptual responses of trained runners during four self-paced HIIT sessions / P.P.J.M. Schoenmakers, K.E. Reed // *J Sci Med Sport.* – 2019. – Vol. 22. – P. 462–466.

124. Fennell, C.R.J. The Acute physiological and perceptual effects of individualizing the recovery interval duration based upon the resolution of muscle oxygen consumption during cycling exercise / C.R.J. Fennell, J.G. Hopker // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. – URL: <https://doi.org/10.1123/ijssp.2020-0295> (дата обращения 18.05.2023).

125. Smilios, I. The effects of recovery duration during high-intensity interval exercise on time spent at high rates of oxygen consumption, oxygen kinetics, and blood lactate / I. Smilios, A. Myrkos, A. Zafeiridis, A. Toubekis, A. Spassis, S.P. Tokmakidis // *J Strength Cond Res.* – 2018. – Vol. 32. – P. 2183–2189.

126. Perrier-Melo, R.J. Effect of active versus passive recovery on performance-related outcome during high-intensity interval exercise: a systematic review / R.J. Perrier-Melo, I. d'Amorim, T. Meireles Santos, E. Caldas Costa, R. Rodrigues Barbosa, M.D.A. Cunha Costa // *J Sports Med Phys Fitness.* – 2020. – Vol. 61. – P. 562–570.

127. Berryman, N. Concurrent training for sports performance: the 2 sides of the medal / N. Berryman, I. Mujika, L. Bosquet // *Int J Sports Physiol Perform.* - 2019. – Vol. 14. – P. 279–285.

128. de Carvalho e Silva, G.I. Acute neuromuscular, physiological and performance responses after strength training in runners: a systematic review and meta- analysis / G.I. de Carvalho e Silva, L.H.A. Brandao, D.S. Silva, M.D. de Jesus Alves, F. J. Aidar, M.S. de Sousa Fernandes, R.A.C. Sampaio, B. Knechtle, R.F. de Souza // *Sports Medicine – Open.* – 2022. – Vol. 8:105. – P 1-13. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00497-w> (дата обращения 09.06.2023).

129. Doma, K. Training considerations for optimising endurance development: an alternate concurrent training perspective / K. Doma, G.B. Deakin, M.Schumann, D.J. Bentley // *Sport Med.* – 2019. – Vol. 49. – P. 669–682.

130. Low, J.L. Prior band-resisted squat jumps improves running and neuromuscular performance in middle-distance runners / J.L. Low, H. Ahmadi, L.P. Kelly, J. Willardson, D. Boulosa, D.G. Behm // *J Sport Sci Med.* – 2019. – Vol. 18. – P. 301–315.

131. Guimarae, M.P. Effect of neuromuscular resistance training on the performance of 5-km runners / M.P. Guimarae, Y.A.C. Campos, H.L.R. de G.P. Souza, da Silva, C. Hernandez-Mosqueira, S.F. da Silva // *Kinesiology.* – 2020. – Vol. 52. – P. 64–71.

132. Doma, K. The effect of a resistance training session on physiological and thermoregulatory measures of sub-maximal running performance in the heat in heat-acclimatized men / K. Doma, A. Nicholls, D. Gahreman, F. Damas, C.A. Libardi, W. Sinclair // *Sports Med Open.* – 2019. – Vol. 5(1). – P. 1–9.

133. Li, H. Speed endurance training methods in high-level chinese sprinters / H. Li // *Rev Bras Med Esporte* – 2023. - Vol. 29. – ART. e2022_0503. – P. 1-4. – URL: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0503 (дата обращения 09.06.2023).

134. Trinschek, J. Maximal oxygen uptake adjusted for skeletal muscle mass in competitive speed-power and endurance male athletes: changes in a one-year training cycle / J. Trinschek, J. Zieliński, K. Kusy // *Int J Environ Res Public Health.* – 2020. – Vol. 17(17). – Art. 6226.

135. Balasekaran, G. Determination, measurement, and validation of maximal aerobic speed / G. Balasekaran, M.K. Loh, P. Boey, Y.C. Ng // *Sci. Rep.* - 2023. – Vol. 13. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31904-1> (дата обращения 20.07.2023).

136. Balasekaran, G. Running Energy Reserve Index (RERI) as a new model for assessment and prediction of world, elite, sub-elite, and collegiate running performances / G. Balasekaran, M. K. Loh, P. Boey, Y. C. Ng // *Scientific Reports.* – 2023. – Vol. 13:7416. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29626-5> (дата обращения 09.06.2023).

137. Massini, D.A. Assessment of critical velocity in track and treadmill: physiological profiles and relationship with 3000-meter performance / D.A. Massini, R.A. Caritar, L.O.C. Siqueira, A.R. Simionato, B.S. Denadai, D.M.P. Filho // *Rev. bras. Cineantropom. Desempenho.* – 2018. – Vol. 20. – P. 432–444.

138. Pallares, J.G. A new short track test to estimate the VO₂max and maximal aerobic speed in well-trained runners / J.G. Pallares, V. Cerezuela-Espejo, R.M. Navarro, A. Martinez-cava, E. Conesa, J. Courel-Ibarnez // *J Strength Cond Res.* – 2019. – Vol. 33. – P. 1216–1221.

139. Manoel, F.D.A. Novel track field test to determine V_{peak}, relationship with treadmill test and 10-km running performance in trained endurance runners / F.d.A. Manoel, C.S. Peserico, F.A. Machado // *PLoS ONE.* – 2022. – Vol.17(1). – Art. e0260338. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260338> (дата обращения 17.03.2023)

140. Bachero-Mena, B. Mechanical and Metabolic Responses during High-intensity Training in Elite 800-m Runners / B. Bachero-Mena, J.J. González-Badillo // *Int J Sports Med.* – 2020.

141. Jiménez-Reyes, P. Jump height loss as an indicator of fatigue during sprint training / P. Jiménez-Reyes, , F. Pareja-Blanco, V. Cuadrado-Peñañiel, M. Ortega-Becerra, J. Párraga, J.J. González-Badillo // *J Sports Sci.* – 2019. – Vol. 37 (9). – P. 1029–1037.

142. García-Pinillos, F. Vertical Jumping as a Monitoring Tool in Endurance Runners: A Brief Review / F. García-Pinillos, R. Ramírez-Campillo, D. Boullosa, P. Jiménez-Reyes, P.Á. Latorre-Román // *Journal of Human Kinetics.* –

2021. -Vol. 80. – P. 297-308. – URL: DOI: 10.2478/hukin-2021-0101 (дата обращения 09.06.2023).

143. Blazevich, A.J. Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: historical perspective, underlying mechanisms, and current issues / A.J. Blazevich, N. Babault // *Front Physiol.* – 2019. – Vol. 10. – Art. 1359.

144. Boullosa, D. A new taxonomy for post-activation potentiation in sport / D. Boullosa, M. Beato, A.D. Iacono, F. Cuenca-Fernández, K. Doma, M. Schumann, D. Behm // *Int J Sports Physiol Perf.* – 2020. – P. 1–14.

145. Moore, I.S. Use of wearables: tracking and retraining in endurance runners / I.S. Moore, R.W. Willy // *Current Sports Medicine Reports.* – 2019. - Vol. 18. - № 12. - P. 437-444.

146. Dorschky, E. Estimation of gait kinematics and kinetics from inertial sensor data using optimal control of musculoskeletal models / E. Dorschky, M. Nitschke, A.K. Seifer // *J. Biomech.* – 2019. – Vol. 95. – Art. 109278.

147. Moore, I. Software to determine the modeled optimal gait characteristic (runtime needed) / I. Moore. - Figshare, 2019.

148. Silapabanleng, S. Change in respiratory muscle strength and lung function after sprints, middle and long-distance running / S. Silapabanleng, A. Theanthong, M. Phangjaem, V. Pheungtamon, P. Suwondit // *Suranaree J. Sci. Technol.* - 2020. - Vol. 28(4): 070020. – P. 1-7. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/356125927> (дата обращения 09.06.2023).

149. Gürses, V.V. The relationship between reaction time and 60 m performance in elite athletes / V.V. Gürses, O. Kamis // *J. Educ. Train. Stud.* – 2019. – Vol. 6. – P. 64–69.

150. Li, D. Effect of Attentional Focus on Sprint Performance: A Meta-Analysis / D. Li, L. Zhang, X. Yue, D. Memmert, Y. Zhang // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* - 2022. - Vol. 19. – Art. 6254. – P. 1-13. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19106254> (дата обращения 22.06.2023)

151. Wulf, G. Translating thoughts into action: Optimizing motor performance and learning through brief motivational and attentional influences / G.

Wulf, R. Lewthwaite // *Curr. Dir. Psychol. Sci.* – 2021. – Vol. 30. – P. 535–541.

152. Meijen, C. Endurance performance in sport: psychological theory and interventions / C. Meijen (ed.). - Abingdon: Routledge, 2019.

153. Degens, H. Physiological comparison between non-athletes, endurance, power and team athletes / H. Degens, A. Stasiulis, A. Skurvydas, B. Statkeviciene, T. Venckunas // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2019. – Vol. 119. – P. 1377–1386.

154. Guicciardi, M. Effects of metabolic syndrome on cognitive performance of adults during exercise / M. Guicciardi, A. Crisafulli, A. Doneddu, D. Fadda, R. Lecis // *Front. Psychol.* – 2019. – Vol. 10. – Art. 1845.

155. Drury, L. Deconstructing resilience: running, personality, and psychopathology / L. Drury. – 2019. – Art.1364.

156. Diotaiuti, P. Resilience in the Endurance Runner: The Role of Self-Regulatory Modes and Basic Psychological Needs / P. Diotaiuti, S. Corrado, S. Mancone, L. Falese // *Front. Psychol.* – 2021. – Vol. 11. – Art. 558287. – P. 1-9. – URL: doi: 10.3389/fpsyg.2020.558287 (дата обращения 09.06.2023).

157. González, L. Exploring the role of resilience and basic psychological needs as antecedents of enjoyment and boredom in female sports / L. González, I. Castillo, I. Balaguer // *Rev. Psicodidáctica.* – 2019. – Vol. 24. – P. 131–137.

158. Diotaiuti, P. Using sports tracker: evidences on dependence, self-regulatory modes and resilience in a sample of competitive runners / P. Diotaiuti, S. Mancone, S. Corrado // *Psychology.* – 2020. – Vol. 11. – P. 54–70.

159. Iwatsuki, T. Autonomy enhances running efficiency / T. Iwatsuki, J.W. Navalta, G.Wulf // *J. Sports Sci.* – 2019. – Vol. 37. – P. 685–691.

160. Kataoka, R. Periodization: variation in the definition and discrepancies in study design / R. Kataoka, E. Vasenina, J. Loenneke, S.L. Buckner // *Sports Med.* – 2021. – Vol. 51(4). – P. 625–651.

161. Hammert, W.B. Is “periodization programming” periodization or programming? / W.B. Hammert, R. Kataoka, E.H. Vasenina, A.H. Ibrahim, S.L. Buckner // *J Trainol.* – 2021. – Vol. 10(2). – P. 20–24.

162. Sanders, D. Physical demands and power profile of different stage types within a cycling grand tour / D. Sanders, M. Heijboer // *Eur J Sports Sci.* – 2019. – Vol. 19(6). – P. 736–744.

163. Kiely, J. Comment on “biological background of block periodized endurance training: a review” / J. Kiely, C. Pickering, I. Halperin // *Sports Med.* – 2019. – Vol. 49(9). – P. 1475–1477.

164. Issurin, V.B. Biological background of block periodized endurance training: a review / V.B. Issurin // *Sport Med.* - 2019. – Vol. 49(1). – P. 31–39.

165. Galán-Rioja, M.Á. Training periodization, intensity distribution, and volume in trained cyclists: a systematic review / M.Á. Galán-Rioja, J.M. Gonzalez-Ravé, F. González-Mohíno, S. Seiler // *International Journal of Sports Physiology and Performance.* – 2023. – Vol. 18. – P. 112-122. – URL: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0302> (дата обращения 22.05.2023).

166. Javaloyes, A. Training prescription guided by heart rate variability vs. block periodization in well-trained cyclists / A. Javaloyes, J.M. Sarabia, R.P. Lamberts, D. Plews, M. Moya-Ramon // *J Strength Cond Res.* – 2020. – Vol. 34(6). – P. 1511–1518.

167. Hebisz, P. Comparison of aerobic capacity changes as a result of a polarized or block training program among trained mountain bike cyclists / P. Hebisz, R. Hebisz, M. Drelak // *Int J Environ Res Public Health.* – 2021. – Vol. 18(16). – Art. 8865.

168. Javaloyes, A. Training prescription guided by heart-rate variability in cycling / A. Javaloyes, J.M. Sarabia, R.P. Lamberts, M. Moya-Ramon // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2019. – Vol. 14(1). – P. 23–32.

169. Almquist, N.W. No differences between 12 weeks of block- vs. traditional-periodized training in performance adaptations in trained cyclists / N.W. Almquist, H.B. Eriksen, M. Wilhelmsen // *Front Physiol.* – 2022. – Vol. 13. – Art. 837634. – URL: [doi:10.3389/fphys.2022.837634](https://doi.org/10.3389/fphys.2022.837634) (дата обращения 25.08.2023).

170. Ronnestad, B. R. A 11- day compressed overload and taper induces larger physiological improvements than a normal taper in elite cyclists / B. R. Ronnestad, O. Vikmoen // *Scand J Med Sci Sports.* – 2019 - Vol. 29. – P. 1856–1865. – URL: <https://doi.org/10.1111/sms.13536> (дата обращения 14.04.2023).

171. Taylor, M. The Inclusion of Sprints in Low-Intensity Sessions During the Transition Period of Elite Cyclists Improves Endurance Performance 6 Weeks Into the Subsequent Preparatory Period / M. Taylor, N. Almquist, B. Rønnestad,

A.E. Tjønnå, M. Kristoffersen, M. Spencer, Ø. Sandbakk, K. Skovereng // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. - Vol. 16(10). - P. 1502-1509. – URL: doi: 10.1123/ijsp.2020-0594 (дата обращения 08.09.2023).

172. Gunnarsson, T.P. Inclusion of sprints in moderate intensity continuous training leads to muscle oxidative adaptations in trained individuals / T.P. Gunnarsson, N. Brandt, M. Fiorenza, M. Hostrup, H. Pilegaard, J. Bangsbo // *Physiol Rep.* – 2019. – Vol. 7(4). – Art. e13976.

173. van Erp, T. Maintaining power output with accumulating levels of work done is a key determinant for success in professional cycling / T. van Erp, D. Sanders, R.P. Lamberts // *Med Sci Sports Exerc.* –2021. – Vol. 53. – P. 1903–1910.

174. Sanders, D. A field-based cycling test to assess predictors of endurance performance and establishing training zones / D. Sanders, R.J. Taylor, T. Myers, I. Akubat // *J Strength Cond.* – 2020. – Vol. 34(12). – P. 3482–3488.

175. Leo, P. Power profiling in U23 professional cyclists during a competitive season / P. Leo, J. Spragg, V. Menz // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. – Vol. 16(6). – P. 881–889.

176. Leo, P. Training characteristics and power profile of professional U23 cyclists throughout a competitive season / P. Leo // *Sports.* – 2020. - Vol. 8(12). – Art. 167.

177. Muriel, X. Physical demands and performance indicators in male professional cyclists during a grand tour: worldtour versus proteam category / X. Muriel // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. – Vol. 1(aop). – P. 1–9.

178. Van Erp, T. Intensity and load characteristics of professional road cycling: differences between men's and women's races / T. Van Erp, J.J. de Koning // *Int J Sports Physiol Perform.* - 2019. – Vol. 14(3). – P. 296–302.

179. Leo, P. Power profiling, workload characteristics and race performance of U23 and professional cyclists during the multistage race tour of the Alps / P. Leo, J. Spragg, D. Simon, I. Mujika // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021.

180. Leo, P. Power profiling and the power-duration relationship in cycling: a narrative review / P. Leo, J. Spragg, T. Podlogar, J.S. Lawley, I. Mujika // *European Journal of Applied Physiology.* – 2022. – Vol. 122. – P.:301–316. –

URL: <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04833-y> (дата обращения 22.05.2023).

181. Van Erp, T. Demands of professional cycling races: influence of race category and result / T. Van Erp, D. Sanders // *Eur J Sports Sci.* - 2020. – Vol. 16(1). – P. 1–12.

182. Puchowicz, M.J. Development and field validation of an omni-domain power-duration model / M.J. Puchowicz, J. Baker, D.C. Clarke // *J Sports Sci.* – 2020. – Vol. 38(7). – P. 801–813.

183. Van Erp, T. Case report: load, intensity, and performance characteristics in multiple grand tours / T. Van Erp, M. Hoozemans, C. Foster, J.J. de Koning // *Med Sci Sports Exerc.* – 2020. – Vol. 52(4). – P. 868–875.

184. Van Erp, T. Training characteristics of male and female professional road cyclists: a 4-year retrospective analysis / T. Van Erp, D. Sanders, J.J. de Koning // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2020. – Vol. 5(1). – P. 1–7.

185. Leo, P. Climbing performance in U23 and professional cyclists during a multi-stage race / P. Leo, J. Spragg, D. Simon, J. Lawley // *Int J Sports Med.* - 2021.

186. Van Erp, T. Demands of the tour de France: a case study of a world-class sprinter (Part I) / T. Van Erp, M. Kittel, R.P. Lamberts // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. – Vol. 9:1363–1370.

187. Sanders, D. The physical demands and power profile of professional men's cycling races: an updated review / D. Sanders, T. Van Erp // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. – Vol. 16(1). – P. 3–12.

188. Nimmerichter, A. Field-derived power-duration variables to predict cycling time-trial performance / A. Nimmerichter // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2020. – Vol. 10(1). – P. 1–8.

189. Van Druenen, T. Aerodynamic analysis of uphill drafting in cycling / T. Van Druenen, Blocken B. // *Sports Eng.* – 2021. – Vol. 24(1). – P. 1–11.

190. Sreedhara V.S.M. A survey of mathematical models of human performance using power and energy / V.S.M. Sreedhara, G.M. Mocko, R.E. Hutchison // *Sports Med Open.* – 2019. – Vol. 54(1):1–13.

191. Sanders, D. The anaerobic power reserve and its applicability in professional road cycling / D. Sanders, M. Heijboer // *J Sports Sci.* – 2019. – Vol.

37(6). – P. 621–629.

192. Pethick, J. Physiological evidence that the critical torque is a phase transition, not a threshold / J. Pethick, S.L. Winter, M. Burnley // *Med Sci Sports Exerc.* – 2020. – Vol. 52(11). – P. 2390–2401.

193. Galán-Rioja, M.Á. Relative proximity of critical power and metabolic/ventilatory thresholds: systematic review and meta-analysis / M.Á. Galán-Rioja, F. González-Mohíno, D.C. Poole, J.M. González-Ravé // *Sports Med.* – 2020. – Vol. 50(10). – P. 1771–1783.

194. Jamnick, N.A. An examination and critique of current methods to determine exercise intensity / N.A. Jamnick // *Sports Med.* – 2020. – Vol. 50(10). – P. 1729–1756.

195. Nixon, R.J. Steady-state VO₂ above MLSS: evidence that critical speed better represents maximal metabolic steady state in well-trained runners / R.J. Nixon, S.H. Kranen, A. Vanhatalo, A.M. Jones // *Eur J Appl Physiol.* – 2021. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04780-8> (дата обращения 27.07.2023).

196. Bräuer, E.K. VO₂ steady state at and just above maximum lactate steady state intensity / E.K. Bräuer, G. Smekal // *Int J Sports Med.* – 2020. – Vol. 41(9). – P. 574–581.

197. Mackey, J. What is known about the FTP20 test related to cycling? A scoping review / J. Mackey, K. Horner // *J Sports Sci.* – 2021. – Vol. 1(aop). – P. 1–11.

198. Morgan, P.T. Road cycle TT performance: relationship to the power-duration model and association with FTP / P.T. Morgan // *J Sports Sci.* – 2019. – Vol. 37(8). – P. 902–910.

199. Muniz-Pumares, D. Methodological approaches and related challenges associated with the determination of critical power and curvature constant / D. Muniz-Pumares, B. Karsten, C. Triska, M. Glaister // *J Strength Cond.* – 2019. – Vol. 33(2). – P. 584–596.

200. Vinetti, G. A regression method for the power-duration relationship when both variables are subject to error / G. Vinetti, A. Taboni, G. Ferretti // *Eur J Appl Physiol.* – 2020. – Vol. 120(4). – P. 765–770.

201. Ferguson, H.A. Using field based data to model sprint track cycling

performance / H.A. Ferguson, C. Harnish, J.G. Chase // *Sports Med – Open.* – 2021. – Vol. 7(1). – P. 1–12.

202. Kordi, M. Quasi-isometric cycling: a case study investigation of a novel method to augment peak power output in sprint cycling / M. Kordi, M. Evans, G. Howatson // *Int J Sports Physiol Perform.* - 2021. –Vol. 16(3). – P. 452-455. – URL: doi: 10.1123/ijsp.2020-0100 (дата обращения 14.04.2023).

203. Kordi, M. Cycling-specific isometric resistance training improves peak power output in elite sprint cyclists / M. Kordi, J.P. Folland, S. Goodall, , C. Menzies, T.S. Patel, M. Evans, K. Thomas, G. Howatson // *Scand J Med Sci Sports.* – 2020. - Vol. 30. – P. 1594–1604. – URL: <https://doi.org/10.1111/sms.13742> (дата обращения 17.10.2023).

204. Arney, B.E. Comparison of rating of perceived exertion scales during incremental and interval exercise / B. E. Arney, R. Glover, A. Fusco, C. Cortis, J. de Koning, T. van Erp, , C. Foster // *Kinesiology.* – 2019. – Vol. 51(2). – P. 150–157.

205. Voet, J.G. Differences in execution and perception of training sessions as experienced by (semi-) professional cyclists and their coach / J.G. Voet, R.P. Lamberts, J.J. de Koning, J. de Jong, C. Foster, T.van Erp // *European journal of sport science* . – 2022. - Vol. 22(10). – P. 1586-1594. . – URL: <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1979102> (дата обращения 14.04.2023).

206. Millet, G.P. Repeated sprint training in hypoxia – an innovative method / G.P. Millet, O. Girard, A. Beard, F. Brocherie // *Deutsch Z Sportmed.* – 2019. – Vol. 70. – P. 115–122.

207. Rosenblat, M.A. Effect of high-intensity interval training versus sprint interval training on time-trial performance: a systematic review and meta-analysis / M.A. Rosenblat, A.S. Perrotta, S.G.Thomas // *Sports Medicine.* – 2020. – Vol. 50. –P. 1145–1161. – URL: <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01264-1> (дата обращения 27.01.2023).

208. Turner, K.J. High-Intensity Interval Training and Sprint-Interval Training in National-Level Rowers / K.J. Turner, D.B. Pyne, J.D. Périard, A.J. Rice // *Front. Physiol.* – 2021. – Vol. 12. Art. 803430. doi: 10.3389/fphys.2021.803430. – URL: doi: 10.3389/fphys.2021.803430 (дата

обращения 09.06.2023).

209. Matzka, M. Retrospective analysis of training intensity distribution based on race pace versus physiological benchmarks in highly trained sprint kayakers / M. Matzka, R. Leppich, B. Sperlich, C. Zinner // *Sports Medicine - Open*. – 2022. – Vol. 8:1. –P. 1-12. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00382-y> (дата обращения 17.03.2023).

210. Hogan, C. Comparison of Training Monitoring and Prescription Methods in Sprint Kayaking / C. Hogan, , M.J. Binnie, M. Doyle, L. Lester, P. Peeling // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2020. – Vol. 15. – Iss. 5. – P. 654–662.

211. Hogan, C. Heart rate and stroke rate misrepresent supramaximal sprint kayak training as quantified by power / C. Hogan, M.J. Binnie, M. Doyle, L. Lester, P. Peeling // *Eur J Sport Sci*. 2021. – Vol. 21. – P. 656–665.

212. Paquette, M. Sustained muscle deoxygenation vs. sustained high VO₂ during high-intensity interval training in sprint canoe-kayak / M. Paquette, F. Bieuzen, F. Billaut // *Front Sports Active Living*. – 2019. –Vol. 1. - Art. 6.

213. Paquette, M. The effect of HIIT vs. SIT on muscle oxygenation in trained sprint kayakers /M. Paquette, F. Bieuzen, F. Billaut // *European Journal of Applied Physiology*. - 2021. – Vol. 121. – P. 2743–2759. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04743-z> (дата обращения 09.06.2023).

214. Petrovic, M.R. The novel Single-stroke kayak test: can it discriminate between 200-m and longer-distance (500- and 1000-m) specialists in canoe sprint? / M.R. Petrovic, A. García-Ramos, D.N. Janicijevic, A. Pérez-Castilla, O.M. Knezevic, D.M. Mirkov // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* – 2020. – Vol. 16. – P. 208–215.

215. Petrovic, M. Force-velocity profile of competitive kayakers: evaluation of a novel Single kayak stroke test / M. Petrovic, A. García Ramos, D. Janicijevic, A. Pérez Castilla, O. Knezevic, D. Mirkov // *J. Hum. Kinet.* – 2021. – Vol. 80. – P. 49–59.

216. Kukic, F. Association of anthropometrics and body composition with maximal and relative force and power of kayak stroke in competitive kayak athletes / F. Kukic, M. Petrovic, G. Greco, S. Cataldi, F. Fischetti // *Int. J.*

Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19. – Art. 2977. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19052977> (дата обращения 22.03.2023).

217. Almeida-Neto, P.F. Equation for analyzing the peak power in aquatic environment: An alternative for olympic rowing athletes / P.F. Almeida-Neto, L.F. Silva, D.G. Matos, I. Jeffreys, T.D. Cesario, R.B. Neto, W.D. Barbosa, F.J. Aidar, P.M. Dantas, B.G. Cabral // PLoS ONE. – 2020. – Vol. 15. – Art. e0243157.

218. Penichet-Tomás, A. Physical performance indicators in traditional rowing championships / A. Penichet-Tomás, B. Pueo, M. Jiménez-Olmedo // J. Sports Med. Physl. Fit. – 2019. – Vol. 59. – P. 767–773.

219. Maciejewski, H. Methodological considerations on the relationship between the 1,500-m rowing ergometer performance and vertical jump in national-level adolescent rowers / H. Maciejewski, A. Rahmani, F. Chorin, J. Lardy, P. Samozino, S. Ratel // J. Strength Cond. Res. – 2019. – Vol. 33. – P. 3000–3007.

220. Podstawski, R. Comparison of anthropometric and physiological profiles of hungarian female rowers across age categories, rankings, and stages of sports career / R. Podstawski, K. Boryslawski, F. Ihasz, A. Pomianowski, J. Wasik P. Gronek // Appl. Sci. – 2022. – Vol. 12. – Art. 2649. – URL: <https://doi.org/10.3390/app12052649> (дата обращения 22.03.2023).

221. Cuba-Dorado, A. Elite triathlete profiles in draft-legal triathlons as a basis for talent identification / A. Cuba-Dorado, T. Álvarez-Yates, O. García-García // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. - Vol. 19(2). - Art. 881. – P. 1-21. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19020881> (дата обращения 17.03.2023)].

222. Olaya-Cuartero, J. Influence of biomechanical parameters on performance in elite triathletes along 29 weeks of training / J.Olaya-Cuartero, R. Cejuela // Appl. Sci. – 2021. – Vol. 11. – Art. 1050.

223. Etxebarria, N. Training and Competition Readiness in Triathlon / N. Etxebarria, I. Mujika, D.B. Pyne // Sports. – 2019. – Vol. 7. – Art. 101. – P. 1-15.

224. Rosa, R.G. Running stride length and rate are changed and mechanical efficiency is preserved after cycling in middle-level triathletes / R.G. Rosa, H.B. Oliveira, L.P. Ardigò // Sci Rep. – 2019. – Vol. 9. –Art. 18422.

225. Skroce, K. Fast or slow start? The role of running strategies in triathlon

/ K. Skroce, C. Tarperi, I. Brasi, L. Bertinato, F. Schena // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2022. – Vol. 25. – P. 70–74. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.07.013> (дата обращения 17.03.2023).

226. Aoyagi, A. Exercise intensity during olympic-distance triathlon in well-trained age-group athletes: an observational study / A. Aoyagi, K. Ishikura, Y. Nabekura // Sports. – 2021. – Vol. 9. – Art. 18.

227. Wiecha, S. Transferability of cardiopulmonary parameters between treadmill and cycle ergometer testing in male triathletes - prediction formulae / S. Wiecha, S. Price, I. Cieslinski, P.S. Kasiak, Ł. Tota, T. Ambrozy, D. Sliz, // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19. – Art. 1830. – P. 1-11. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031830> (дата обращения 17.03.2023).

228. Decato, T.W. Repeatability and meaningful change of CPET parameters in healthy subjects / T.W. Decato, S.M. Bradley, E.L. Wilson, M.J. Hegewald // Med. Sci. Sports Exerc. – 2018. – Vol. 50. – P. 589–595.

229. Velicka, D. Interaction between cardiac functional indices during incremental exercise test reveals the peculiarities of adaptation to exercising / D. Velicka, Z. Kairiukstiene, K. Poderiene, A. Vainoras, J. Poderys // Medicina. – 2019. – Vol. 55. – Art. 314.

230. Stöggl, T.L. Editorial: Training Intensity, Volume and Recovery Distribution Among Elite and Recreational Endurance Athletes / T.L. Stöggl, B. Sperlich // Front. Physiol. – 2019. – Vol. 10. – Art. 592.

231. Gronwald, T. Fractal correlation properties of heart rate variability: a new biomarker for intensity distribution in endurance exercise and training prescription? / T. Gronwald, B. Rogers, O. Hoos // Front. Physiol. – 2020. – Vol. 11. – Art. 1152.

232. Rogers, B. A new detection method defining the aerobic threshold for endurance exercise and training prescription based on fractal correlation properties of heart rate variability / B. Rogers, D. Giles, N. Draper, O. Hoos, T. Gronwald // Front. Physiol. – 2021. – Vol. 11. – Art. 596567.

233. Rogers, B. An index of non-linear hrv as a proxy of the aerobic threshold based on blood lactate concentration in elite triathletes / B. Rogers, S. Berk, T. Gronwald // Sports. – 2022. – Vol. 10. – Art. 25. – P. 1-8. – URL:

<https://doi.org/10.3390/sports10020025> (дата обращения 17.03.2023).

234. Mølmen, K. S. Block periodization of endurance training – asystematic review and meta-analysis / K.S. Mølmen, S.J. Øfsteng, B.R. Rønnestad // *Open Access Journal of Sports Medicine*. – 2019. - Vol. 10. - P. 145-160.

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

236. Clemente-Suárez, V.J. Effectiveness of reverse vs. traditional linear training periodization in triathlon / V.J. Clemente-Suárez, D.J. Ramos-Campo // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Vol. 16. – Art. 2807.

237. Dadeliene R. Analysis of top kayakers' training-intensity distribution and physiological adaptation based on structural modeling / R. Dadeliene, S. Dadelo, N. Pozniak, L. Sakalauskas // *Annals of Operations Research*. – 2020. – Vol. 289. – P. 195–210.

238. Zacca, R. Monitoring age-group swimmers over a training macrocycle: energetics, technique, and anthropometrics / R. Zacca, R. Azevedo, P. Chainok, J.P. Vilas-Boas, F.A. de Souza Castro, D.B. Pyne, R.J. Fernandes // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2020. – Vol. 34(3). – P. 818-827.

239. Zacca, R. Biophysical follow-up of age-group swimmers during a traditional three-peak preparation program / R. Zacca, , R. Azevedo, V.R. Ramos Jr., J.Á. Abraldes, J.P. Vilasboas, F.A. de Souza Castro, D.B. Pyne, R.J. Fernandes // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2020. – Vol. 34(9). – P. 2585-2595.

240. Cejuela, R. Quantifying the training load in triathlon. *Triathlon medicine*. Sergio Migliorini editor / R. Cejuela, J. Esteve-Lanao. – Switzerland: Springer, 2020. - 415 p. - P. 291-316.

241. Pandeló Jr., D.R. Establishment of an optimal training load in multisport activities / D.R. Pandeló Jr., R.V. Pandeló, B. Rocha, A.F. de Abreu // *Olympic Coach*. – 2019. – April. – Vol. 30. – Iss. 1. – P. 4-16.

242. Treff, G. The polarization-index: a simple calculation to distinguish

polarized from non-polarized training intensity distributions / G. Treff, K. Winkert, M. Sareban, J.M. Steinacker, B. Sperlich // *Frontiers in Physiology*. – 2019. – Vol. 10. – Art. 707.

243. Briand, J. Can popular high-intensity interval training (HIIT) models lead to impossible training sessions? / J. Briand, J. Tremblay, G. Thibault // *Sports*. – 2022. – Vol. 10. – Art 10. – P. 1-15. – URL: <https://doi.org/10.3390/sports10010010> (дата обращения 17.03.2023).

244. Rosenblat, M.A. Programming interval training to optimize endurance sport performance / M.A. Rosenblat. - University of Toronto TSpace: Toronto, ON, Canada – 2021. – URL <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/106260> (дата обращения 21.07.2023).

245. Warnier, G. Effects of sprint interval training at different altitudes on cycling performance at sea-level / G. Warnier, N. Benoit, D. Naslain, S. Lambrecht, M. Francaux, L. Deldicque // *Sports*. – 2020. – Vol. 8. – Art. 148. – P. 1-13. – URL: [doi:10.3390/sports8110148](https://doi.org/10.3390/sports8110148) (дата обращения 27.01.2023).

246. Wen, D. Effects of different protocols of high intensity interval training for VO₂max improvements in adults: A meta-analysis of randomized controlled trials / D. Wen, T. Utesch, J. Wu, S. Robertson, J. Liu, G. Hu, H. Chen, // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2019. – Vol. 22(8). – P. 941–947.

247. Almquist, N.W. Systemic and muscular responses to effort-matched short intervals and long intervals in elite cyclists / N.W. Almquist, H. Nygaard, G. Vegge, D. Hammarström, S. Ellefsen, B.R. Rønnestad // *Scand J Med Sci Sports*. – 2020. – Vol. 30. – P. 1140-1150.

248. Sharma, A.P. Factors Affecting Sea-Level Performance Following Altitude Training in Elite Athletes / A.P. Sharma // *Journal of Science in Sport and Exercise*. – 2022. – Vol. 4. – P. 315–330. – URL: <https://doi.org/10.1007/s42978-022-00198-6> (дата обращения 13.02.2023).

249. Robach, P. Altitude training and endurance performance. Triathlon medicine. Sergio Migliorini Editor / P. Robach, C. Lundby. – Switzerland: Springer, 2020. - 415 p. - P. 329-343.

250. Turner G., Altitude training in endurance running: perceptions of elite athletes and support staff / G. Turner, B.W. Fudge, J.S.M. Pringle, N.S. Maxwell,

A.J. Richardson // *J Sports Sci.* – 2019. – Vol. 37(2). – P. 163-172.

251. Sharma, A.P. Improved performance in national-level runners with increased training load at 1600 and 1800 m / A.P. Sharma, P.U. Saunders, L.A. Garvican-Lewis, B. Clark, M. Welvaert, C.J. Gore, K.G. Thompson // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2019. – Vol. 14(3). – P. 286–295.

252. Deb, S.K. Quantifying the effects of acute hypoxic exposure on exercise performance and capacity: A systematic review and meta-regression / S.K. Deb, D.R. Brown, L.A. Gough, C.P. Mclellan, P.A. Swinton, S.A. Sparks, L.R. Mcnaughton // *Eur J Sport Sci.* – 2018. – Vol. 18(2). – P. 243–256.

253. Koivisto-Mork, A.E. Impact of baseline serum ferritin and supplemental iron on altitude-induced hemoglobin mass response in elite athletes / A.E. Koivisto-Mork, I.S. Svendsen, O. Skattebo, J. Hallen, G. Paulsen // *Scand J Med Sci Sports.* – 2021. – Vol. 31(9). – P. 1764–1773.

254. Platonov, V.N. Motor qualities and physical training of athletes / V.N. Platonov. - M.: Publishing house «Sport». – 2019. – 656 p.

255. Ambrosini, L. Are we able to match non sport-specific strength training with endurance Sports? A systematic review and meta-analysis to plan the best training programs for endurance athletes / L. Ambrosini, V. Presta, M. Goldoni, D. Galli, P. Mirandola, M. Vitale, G. Gobbi // *Appl. Sci.* – 2021. - Vol. 11. – Art. 7280. – P. 1-24. – URL: <https://doi.org/10.3390/app11167280> (дата обращения 20.01.2023).

256. Denadai, B.S. Explosive training and heavy weight training are effective for improving running economy in endurance athletes: a systematic review and meta-analysis / B.S. Denadai, R.A. de Aguiar, L.C.R. de Lima, C.C. Greco, F. Caputo // *Sports Med.* – 2017. - Vol. 47. - P. 545-554.

257. Concurrent Aerobic and Strength Training. Scientific Basics and Practical Applications / Moritz Schumann, Bent R. Rønnestad Editors. – Switzerland: Springer International Publishing AG, part of Springer Nature. – 2019. - 416 p.

258. Burnie, L. Coaches' philosophies on the transfer of strength training to elite sports performance / L. Burnie, P. Barratt, K. Davids, J. Stone, P. Worsfold, J. Wheat // *Int. J. Sports Sci. Coach.* – 2018. - Vol. 13. – P. 729-736.

259. Tanghe, K.K. Heavy and explosive training differentially affect modeled cyclic muscle power / K.K. Tanghe, J.C. Martin // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2020. – Vol. 52. – P. 1068-1075.

260. Lum, D. Effects of strength training on Olympic time-based sport performance: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / D. Lum, T.M. Barbosa // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* – 2019. – Vol. 14(10). – P. 1318-1330.

261. Damasceno, M. Effects of strength training on bioenergetics parameters determined at velocity corresponding to maximal oxygen uptake in endurance runners / M. Damasceno, L. Pasqua, A. Gáspari, G. Araujo, F. de-Oliveira, A. Lima-Silva, R. Bertuzzi // *Sci. Sports.* – 2018. – Vol. 33. – P. 263-270.

262. Murlasits, Z. The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis / Z. Murlasits, Z. Kneffel, L. Thalib // *J. Sports Sci.* – 2018. – Vol. 36. – P. 1212-1219.

263. Sandbakk, Ø. The influence of exercise modality on training load management / Ø. Sandbakk, T. Haugen, G. Ettema // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2021. – Vol. 16(4). – P. 605-608. – URL: doi: 10.1123/ijsp.2021-0022 (дата обращения 10.03.2023).

264. Onate, J. Depression in ultra-endurance athletes, a review and recommendations / J. Onate // *Sport. Med. Arthrosc. Rev.* – 2019. – Vol. 27. – P. 31–34.

265. Colangelo, J. Mental health disorders in ultra endurance athletes per ICD-11 classifications: a review of an overlooked community in sports psychiatry / J. Colangelo, A. Smith, A. Buadze, N. Keay, M. Liebrez // *Sports.* – 2023. – Vol. 11. – Art. 52. – URL: <https://doi.org/10.3390/sports11030052> (дата обращения 22.05.2023).

266. Torstveit, M.K. Exercise dependence, eating disorder symptoms and biomarkers of relative energy deficiency in sports (red-S) among male endurance athletes / M.K. Torstveit, I.L. Fahrenholtz, M.B. Lichtenstein, T.B. Stenqvist, A.K. Melin // *BMJ Open Sport Exerc. Med.* – 2019. – Vol. 5. – Art. e000439.

267. Hauck, C. The relationship between food addiction and patterns of disordered eating with exercise dependence: In amateur endurance athletes / C.

Hauck, M. Schipfer, T. Ellrott, B. Cook // *Eat. Weight. Disord. Stud. Anorex. Bulim. Obes.* – 2019. – Vol. 25. – P. 1573–1582.

268. Høeg, T.B. Prevalence of female and male athlete Triad risk factors in ultramarathon runners / T.B. Høeg, E.M. Olson, K. Skaggs, K. Sainani, F M. redericson, M. Roche, E. Kraus // *Clin. J. Sport Med.* – 2021. – Vol. 32. – P. 375-381.

269. Muros, J.J. Likelihood of suffering from an eating disorder in a sample of Spanish cyclists and triathletes / J.J. Muros, Á. Ávila-Alche, E. Knox, M. Zabala // *J. Eat. Disord.* – 2020. – Vol. 8. – Art. 70.

270. Koppenburg, C. Eating disorder risks and awareness among female elite cyclists: An anonymous survey / C. Koppenburg, F. Saxer, W. Vach, D. Lüchtenberg, A. Goesele // *BMC Sport. Sci. Med. Rehabil.* – 2022. – Vol. 14. – Art. 172.

271. Cook, O. The association between sport nutrition knowledge, nutritional intake, energy availability, and training characteristics with the risk of an eating disorder amongst highly trained competitive road cyclists / O. Cook, N. Dobbin // *Sport Sci. Health.* – 2022. – Vol. 18. – P. 1243-1251.

272. Colledge, F. Individuals at risk of exercise addiction have higher scores for depression, ADHD, and childhood trauma / F. Colledge, U. Buchner, A. Schmidt, G. Wiesbeck, U. Lang, U. Pühse, M. Gerber, M. Walter // *Front. Sport. Act. Living.* – 2022. – Vol. 3. – Art. 761844.

273. Bueno-Antequera, J. Exercise addiction stability and health effects. A 6-month follow-up postcompetition study in amateur endurance cyclists / J. Bueno-Antequera, M.A. Oviedo-Caro, A. Legaz-Arrese, F. Paris-Garcia, R. Guille'n-Correas, D. Mungui'a-Izquierdo, C.J. Mayolas-Pi // *Addict. Med.* – 2022. – Vol. 16. – P. 140–149.

274. Muela, I. How to pin a compulsive behavior down: A systematic review and conceptual synthesis of compulsivity-sensitive items in measures of behavioral addiction / I. Muela, J.F. Navas, J.M. Ventura-Lucena, J.C. Perales // *Addict. Behav.* – 2022. – Vol. 134. – Art. 107410.