

Теории адаптации и функциональных систем в развитии системы знаний в области подготовки спортсменов

Владимир Платонов

АННОТАЦИЯ

В статье проанализированы взаимосвязь и взаимодополняемость теории адаптации и теории спортивной подготовки, показаны возможности теории адаптации для развития системы знаний в области подготовки спортсменов. Описаны виды адаптации, рассмотрены вопросы адаптационных перестроек организма спортсменов в зависимости от величины и характера нагрузок. Показаны характерные для спорта многоступенчатость и вариативность реакций адаптации, значимость таких явлений, как переадаптация, деадаптация, реадаптация. Рассмотрена взаимосвязь реакций адаптации с формированием и развитием функциональных систем, характеристикой понятия «функциональная подготовленность».

Ключевые слова: теория адаптации, функциональная подготовленность, подготовка спортсменов.

ABSTRACT

The paper analyzes the relationship and complementarity of the theory of adaptation and the theory of sports training. Potential of the theory of adaptation is demonstrated for the development of knowledge in the field of training athletes. The types of adaptation are described, and the issues of adaptational adjustments of the athlete's body are examined depending on the size and nature of the loads. Multistage and variable nature of adaptive responses typical of sports are demonstrated along with the importance of phenomena such as over-adaptation, de-adaptation, and readaptation. Relationships between adaptation responses, formation and development of functional systems, and characteristic of the concept of «functional preparedness» are discussed.

Keywords: theory of adaptation, functional preparedness, preparation of athletes.

■

Теория адаптации как совокупность представлений о приспособлении организма человека к условиям окружающей среды является действенным фактором развития знаний в области подготовки спортсменов. В значительной степени это обусловлено тем, что развитие эмпирической основы теории адаптации во многом связано со спортом – сферой человеческой деятельности, в которой функциональные системы организма работают в режиме предельно возможных реакций. Это предопределило взаимосвязь многих положений теории адаптации и теории подготовки спортсменов.

С одной стороны, современная теория и методика спортивной подготовки во многих своих разделах опирается на закономерности и принципы, разработанные теорией адаптации. Особенно велики возможности теории адаптации для развития знаний, связанных с методикой развития двигательных качеств спортсменов, повышением возможностей различных функциональных систем, оптимизацией структурных элементов процесса подготовки. С другой стороны, многочисленные исследования адаптации организма спортсменов к разнообразным факторам тренировочных воздействий и соревновательной деятельности постоянно расширяют и углубляют эмпирическую основу теории адаптации, приводят к возникновению новых идей и перспективных гипотез, а ряд закономерностей теории спортивной подготовки способствует уточнению и расширению базовых положений теории адаптации.

Использование знаний, накопленных теорией адаптации, должно носить конструктивный характер, естественно вписываться в русло теории спортивной подготовки, развивая, а не подменяя ее содержание, не допуская эклектизма или необоснованной экстраполяции [14], ревизии закономерностей и принципов спортивной подготовки на основе схоластических рассуждений об особой роли теории адаптации для совершенствования теории и методики подготовки спортсменов [24].

ОСНОВЫ ТЕОРИИ АДАПТАЦИИ

В наиболее общем виде под адаптацией понимают способность всего живого приспосабливаться к условиям окружающей среды. Выделяют адаптацию генотипическую и фенотипическую.

Генотипическая адаптация, лежащая в основе эволюции, представляет собой процесс приспособления к условиям среды популяций (совокупности особей одного вида) путем наследственных изменений и естественного отбора. Генотипическая адаптация положена в основу эволюционного учения – совокупности представлений о механизмах и закономерностях исторических изменений в живой природе.

Фенотипическая адаптация представляет собой приспособительный процесс, развивающийся у отдельной особи в течение жизни в ответ на воздействия различных факторов внешней среды, а иногда (например, мобилизация внутренних ресурсов при болезнях) и на потенциально опасные изменения внутренней среды организма. Именно этот вид адаптации является предметом многочисленных исследований, проводящихся в последние десятилетия в теории и методике спорта, спортивной физиологии и морфологии, биохимии и биомеханике, психологии и медицине.

Адаптация – приспособительный процесс достижения адекватных требованиям раздражителя уровня активности и возможностей функциональных систем, органов и тканей, а также механизмов регуляции.

Различают адаптацию специфического и неспецифического характера. Специфическая адаптация развивается в ответ на действие постоянно действующего или предсказуемого раздражителя. Неспецифическая адаптация – напряжение психофизиологических функций организма в ответ на действие неожиданного и потенциально опасного фактора.

При определении адаптации следует учитывать, что она понимается и как процесс, и как результат:

- адаптация используется для обозначения процесса, при котором организм

приспосабливается к факторам внешней или внутренней среды;

- адаптация применяется для обозначения относительного равновесия, которое устанавливается между организмом и средой;

- под адаптацией понимается результат приспособительного процесса.

Следует, однако, согласиться с Л. П. Матвеевым [14], отмечавшим, что неоднозначные определения понятия «адаптация», несмотря на то, что они нашли широкое распространение в научной литературе, затрудняют смысловую определенность при изучении материала, относящегося к данной области знаний; было бы точнее использовать термин «адаптация» для обозначения процесса приспособления, результат приспособления следовало бы обозначить производным термином «адаптированность».

Понятие «адаптация» тесно связано с понятием «стресс» – неспецифической реакцией организма на действие любого достаточно сильного раздражителя. В спорте стресс преимущественно вызывается значительными и большими тренировочными и соревновательными нагрузками, высокой ответственностью, неожиданностью и опасностью ситуаций и др.

Теория стресса была разработана канадским физиологом Гансом Селье, который показал, что при воздействии на организм стрессового раздражителя возможны реакции двух видов: 1) если возбудитель слишком силен или действует слишком долго, наступает заключительная фаза стресс-синдрома – истощение; 2) если раздражитель не превышает приспособительных резервов организма, происходит мобилизация и перераспределение энергетических и структурных ресурсов организма, активизируются процессы специфической адаптации [29].

В спортивной тренировке и соревновательной деятельности спортсменов *реакция первого вида* отмечается при планировании чрезмерных нагрузок, не соответствующих их возможностям, многократном выступлении в напряженных соревнованиях, отличающихся большой продолжительностью и исключительно острой конкуренцией. *Реакция второго вида* является основной, стимулирующей формирование адаптации, лежащей в основе планомерного спортивного совершенствования.

Исключительно большое значение для понимания закономерностей, лежащих в

основе периодизации спортивной тренировки, имеет утверждение Г. Селье [28], согласно которому «Способность к адаптации не безгранична. Наши запасы адаптационной энергии сравнимы с унаследованным богатством: можно брать со своего счета, но нельзя делать дополнительные вклады. Можно безрассудно расточать и проматывать способность к адаптации, «жечь свечу с обоих концов», а можно научиться растягивать запас надолго, расходуя его мудро и бережливо, с наибольшей пользой и наименьшим дистрессом».

Важным для спортивной тренировки элементом теории стресса явился также экспериментально доказанный Г. Селье факт, согласно которому адаптационная энергия перераспределяется в соответствии с силой того или иного раздражителя, повышая устойчивость к действию одних факторов и в то же время снижая сопротивляемость к действию других [28].

Не менее важным является утверждение Г. Селье, согласно которому «Каждое предъявленное организму требование в каком-то смысле своеобразно, или специфично... Мышечное усилие, например, бег вверх по лестнице с максимальной скоростью, предъявляет повышенные требования к мускулатуре и сердечно-сосудистой системе. Мышцы нуждаются в дополнительном источнике энергии для такой необычной работы, поэтому сердцебиение становится чаще и сильнее, повышенное кровяное давление расширяет сосуды и улучшается кровоснабжение мышц. Специфичны реакции на холод или тепло, лекарственные вещества и гормоны. Однако независимо от того, какого рода изменения в организме вызывают различные агенты, их влияние имеет и много общего. Факторы, вызывающие стресс, – стрессоры, – как отмечал Г. Селье, различны, но они запускают в ход одинаковую в сущности биологическую реакцию стресса [29].

ВИДЫ АДАПТАЦИИ

Применительно к спортивной подготовке следует различать разные виды адаптации.

Срочная адаптация – реакция организма спортсменов на кратковременные раздражители различного типа, связанные с выполнением тренировочных и соревновательных упражнений, программ тренировочных занятий, возникновением неожиданных ситуаций в тренировочной и соревновательной деятельности и др. **Долговременная**

адаптация – устойчивые изменения в организме спортсменов структурного и функционального характера, развивающиеся под влиянием длительного применения тренировочных и соревновательных нагрузок в многолетней и годичной подготовке.

Целесообразно выделить и такое понятие, как **сверхадаптация** – состояние наивысших функциональных возможностей, формирующееся на основе долговременных адаптационных реакций под воздействием непродолжительного периода тренировки (обычно несколько недель) с исключительно высокой суммарной нагрузкой (сверхнагрузкой). Такая нагрузка обычно на 15–25 % превышает нагрузку, перенесенную спортсменом в наиболее напряженные периоды предшествовавшей тренировки, и планируется на этапе непосредственной подготовки к главным соревнованиям исключительно спортсменов высшей квалификации. Назначение сверхнагрузки – создание стимула для формирования отставленного тренировочного эффекта в виде адаптационного скачка как основы для демонстрации наивысшей готовности к стартам [23, 24, 66].

Процессы адаптации органически связаны с процессами переадаптации, деадаптации и реадаптации.

Переадаптация – следствие чрезмерных или нерационально спланированных нагрузок, проявляющееся в истощении и изнашивании функциональных систем, подвергнутых неадекватным нагрузкам.

Деадаптация – возвращение организма спортсмена к исходному уровню в результате прекращения тренировки, изменения ее направленности, резкого снижения нагрузки.

Реадаптация – процесс обратного структурного и функционального приспособления организма спортсмена, восстановление утраченных вследствие деадаптации возможностей.

В последние годы в специальной литературе, относящейся преимущественно к психиатрии, получил распространение термин «**дезадаптация**», обозначающий нарушение процессов взаимодействия человека с окружающей средой, механизмов психического приспособления при действии острого или хронического стресса. Спорт как сфера деятельности, связанная с экстремальными ситуациями, огромными физическими и психическими нагрузками, острой конкуренцией внутри тренировочных групп,

команд, а также в соревнованиях, является средой, в которой риск дезадаптации конкретного человека исключительно велик. Для дезадаптации характерны невротические и психопатические проявления, основу которых, как правило, составляет конфликт. Под его влиянием постепенно формируются неадекватные реакции на условия среды, т. е. на характерные для спорта многочисленные провоцирующие факторы – тяжелые, часто мучительные нагрузки, острая конкуренция, жесткие требования тренера, травмы, сложности в сочетании занятий спортом с учебой, полноценной личной жизнью и др.

НАГРУЗКИ В СПОРТЕ И АДАПТАЦИЯ

Не существует видов профессиональной деятельности, которые по своему воздействию на организм человека и тренирующему эффекту могли бы сравниться с тренировочными и соревновательными нагрузками современного спорта. Тяжелый физический труд, усугубленный экстремальными климатическими условиями и факторами окружающей среды, не способен вызвать в организме человека таких адаптационных перестроек, которые наблюдаются у спортсменов высокой квалификации. Это касается даже многочасового ежедневного труда лесорубов в тропиках, сельскохозяйственных рабочих на высоте 3000–4000 м над уровнем моря, шерпов в Гималаях, рикш в странах Азии. Никто из лиц с таким характером профессиональной деятельности по особенностям адаптационных перестроек сердечно-сосудистой и дыхательной систем не может сравниться с бегунами на длинные дистанции, велогонщиками-шоссейниками, лыжниками и спортсменами, специализирующимися в других видах спорта, связанных с проявлением выносливости [53]. У водолазов – представителей профессии, предъявляющей исключительно высокие требования к кислородтранспортной системе, масса левого желудочка составляет 142 г, толщина стенок – 8,7 мм, внутренний диаметр – 50 мм. У спортсменов высокого класса, специализирующихся в видах спорта, связанных с проявлением выносливости, эти показатели достигают соответственно 330 г, 11–14 мм и 56–59 мм [68].

Объясняется это просто: интенсивность самого напряженного ежедневного многочасового физического труда, даже усугубленная тяжелыми условиями внешней сре-

ды (жаркий климат, высокогорье), является значительно более низкой по сравнению с интенсивностью тренировочной работы, а экстремальные условия соревновательной деятельности не имеют аналогов в других видах деятельности. Спортсменам приходится на протяжении многих лет переносить огромные по объему и интенсивности тренировочные и соревновательные нагрузки, требующие ежедневного 5–6-часового напряженного труда с энерготратами, часто в 3–4 и более раз превышающими необходимые для обычной жизни. Спортсмен сталкивается с необходимостью адаптироваться к разнообразным двигательным действиям высокой координационной сложности, требующим максимальной мобилизации различных двигательных качеств – скоростных, координационных способностей, гибкости, силы, выносливости. Во многих случаях тренировка сопровождается глубоким утомлением, вызывающим тяжелое, часто исключительно мучительное чувство усталости.

Соревнования, особенно главные (Олимпийские игры, чемпионаты мира, крупнейшие региональные соревнования), связаны не только с предельными физическими нагрузками, но и с наличием дополнительных экстремальных условий – жесткая конкуренция, повышенная ответственность, непривычные бытовые, климатические и погодные условия, поведение болельщиков, преследование антидопинговых служб и др.

Тренировочные и соревновательные нагрузки современного спорта сопровождаются и другими экстремальными факторами, воздействие которых на организм спортсменов высокой квалификации приобрело относительно регулярный характер. Речь идет о тренировке и соревнованиях в условиях среднегорья и высокогорья, а также о дальних перелетах, часто с преодолением 7–8 часовых поясов и более.

Все эти условия накладывают существенный отпечаток на содержание тренировочной и соревновательной деятельности, резко расширяют спектр необходимых реакций адаптации и усложняют процесс построения подготовки спортсменов.

МНОГООРУПЕНЧАТОСТЬ И ВАРИАТИВНОСТЬ АДАПТАЦИИ В СПОРТЕ

Особенностью адаптации в спорте, в отличие от многих других сфер человеческой деятельности, характеризующихся

необходимостью приспособления к экстремальным условиям, является многоступенчатость адаптации к усложняющимся условиям внешней среды. Очередной этап многолетнего спортивного совершенствования, тренировочный год или отдельный макроцикл, соревнования крупного масштаба ставят спортсмена перед неизбежностью очередного адаптационного скачка, диалектического отрицания ранее достигнутого уровня адаптационных реакций.

В течение спортивной карьеры отмечается большое количество таких ступеней. Достаточно сказать, что в структуре многолетней подготовки спортсменов выделяют семь этапов, охватывающих временной промежуток от 10–12 до 20–30 лет и более. У квалифицированных спортсменов каждый год может включать от одного до трех, четырех и более самостоятельных макроциклов, каждый из которых завершается ответственными соревнованиями, требует специальной подготовки к ним и, естественно, нового (по отношению к предыдущим соревнованиям) уровня адаптации.

В некоторых видах человеческой деятельности, которые предусматривают приспособление к экстремальным условиям (адаптация к невесомости при длительных космических полетах, к жизни в географических зонах со сложными климатическими условиями и др.), завершение основных адаптационных реакций связано с установлением нового режима функционирования основных систем организма и окончанием формирования нового уровня гомеостаза, который при отсутствии сильных раздражителей сохраняется длительное время. На этом адаптация заканчивается либо переходит в деадаптацию (при возвращении на Землю из долговременного космического полета, переезде в привычную географическую зону и др.).

Длительное удержание высокого уровня адаптационных реакций в современном спорте характерно для заключительных этапов многолетней подготовки, связанных с сохранением достижений на максимально доступном уровне, и имеет свою сложную специфику. Высочайший уровень приспособления функциональных систем организма спортсменов в ответ на продолжительные, интенсивные и разнообразные раздражители может быть поддержан лишь при наличии напряженных поддерживающих нагрузок. И здесь возникает проблема поиска такой сис-

темы нагрузок, которая обеспечила бы поддержание достигнутого уровня адаптации и одновременно не вызвала бы истощения и изнашивания структур организма, ответственных за адаптацию. Феногенетические особенности конкретных индивидуумов далеко не всегда позволяют решить эту задачу лишь путем удержания достигнутого уровня адаптации. Возникает сложнейшая проблема поиска методических решений, которые позволили бы сохранить высокий конечный результат при угасании одних компонентов адаптации за счет сохранившихся резервов в совершенствовании других.

Особой проблемой адаптации в спорте является развитие у спортсменов адекватных приспособительных реакций в условиях значительной вариативности соревновательной деятельности. Например, необходимость сохранения результата деятельности при прогрессирующем развитии утомления, часто достигающем тяжелых форм при больших отклонениях параметров гомеостаза организма спортсмена, связана с формированием специфических и исключительно подвижных адаптационных реакций, проявляющихся в существенных колебаниях основных параметров внутренней среды организма, структуры движений и психических проявлений, обеспечивающих в конечном счете эффективное решение двигательной задачи [23].

Одной из тенденций современного спорта является возрастание роли одаренности, ярких индивидуальных особенностей как фактора, определяющего перспективность спортсмена и его способность к достижению действительно выдающихся результатов. Структура подготовленности выдающихся спортсменов является отражением в высшей степени эффективной фенотипической адаптации, опирающейся, с одной стороны, на генетически детерминированные задатки конкретного спортсмена, а с другой, на современную методику спортивной подготовки. Например, бегуны-спринтеры высокого класса, демонстрирующие результаты одного уровня, нередко существенно отличаются друг от друга по важнейшим динамическим и кинематическим характеристикам техники, уровню развития важнейших двигательных качеств, возможностям систем энергообеспечения, особенностям психики и др. [24]. Еще большие различия характерны для спортсменов, специализирующихся в многоборьях [9].

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА И РЕАКЦИИ АДАПТАЦИИ

Закономерности развития адаптации у спортсменов следует рассматривать в связи с представлениями о структуре и функциях функциональных систем организма. И в этой области существуют два самостоятельных и взаимодополняющих подхода. Согласно одному из них, функциональные системы выделяются по анатомо-физиологическому принципу, а каждая из них представляет собой совокупность элементов (органов, клеток, процессов), обуславливающих различные стороны жизнедеятельности организма и выполняющих различные функции. Выделяют нервную систему, двигательную систему, системы кровообращения, дыхания, крови, пищеварения, эндокринную и иммунную системы и др. Вопросы адаптации к физическим нагрузкам этих систем, их роль для достижения высоких результатов в спорте на протяжении многих лет подвергаются разностороннему и глубокому изучению. Здесь накоплен огромный эмпирический и теоретический материал, на основе которого сформировались такие дисциплины, как физиология спорта, спортивная морфология, кинезиология, биохимия спорта, спортивная медицина. Эти знания являются фундаментом для построения систем, формирующихся на основе другого подхода, который опирается на представления видного российского физиолога П. К. Анохина.

Работы П. К. Анохина по теории функциональных систем опираются на концепцию А. А. Ухтомского (1876–1942), выраженную в его учении о доминанте – временно господствующем очаге возбуждения в центральной нервной системе, создающем скрытую готовность организма к определенной деятельности при одновременном торможении других рефлекторных актов. Доминанта объединяет нервные центры и исполнительные органы на реализацию конкретных поведенческих реакций человека. Доминантная система, по мнению А. А. Ухтомского, принципиально отличается от представлений об анатомо-физиологических системах, к которым относятся системы кровообращения, дыхания, пищеварения и др. Под ней понимается весь комплекс нейрогуморальных и исполнительных компонентов, принадлежащих к различным анатомо-физиологическим системам и

объединенных в полностью связанную систему, действующую как механизм с однозначным действием, обеспечивающим конкретный поведенческий акт [33].

Развивая эту концепцию, П. К. Анохин отмечал [1], что «под функциональной системой понимается такая динамическая организация структур и процессов организма, которая вовлекает их независимо от анатомической, тканевой и физиологической определенности. Единственным критерием вовлечения тех или иных компонентов в систему является их способность содействовать получению конечного приспособительного результата». Существуют два типа таких систем. Системами первого типа обеспечивается постоянство внутренней среды организма (температура тела, артериальное давление и др.) путем саморегуляции и взаимодействия разных анатомо-физиологических систем. Системы второго типа формируются для осуществления различных поведенческих актов и, естественно, являются значимыми для оптимизации процесса спортивной подготовки.

Примерно такую же формулировку применительно к спорту дают Д. Ллойд с соавт. [61]: «комплексная биологическая система представляет собой ансамбль взаимосвязанных элементов и процессов, обеспечивающих самоорганизованное поведение, приводящее к достижению заданного результата». Многие специалисты в сфере спорта высших достижений показали значимость этих представлений для развития теории и практики подготовки спортсменов [23, 24, 26, 54, 62 и др.].

Принципиальной особенностью функциональной системы является то, что результат ее действия влияет как на ход формирования системы, так и на все последующие реорганизации. Нацеленность системы на достижение определенного конечного результата делает недостаточным понятие «взаимодействие компонентов», которое приобретает характер их «взаимодействия», направленного на достижение конкретного результата. Взаимосодействие компонентов системы достигается тем, что каждый из них под влиянием афферентного синтеза и афферентной импульсации освобождается от избыточных степеней свободы и объединяется с другими компонентами только на основе тех степеней свободы, которые вместе содействуют получению заданного конечного результата [1].

Афферентное звено функциональной системы на основе мотивации и памяти объединяет рецепторы, нейроны, афферентные нервные клетки в центральной нервной системе. Все эти образования воспринимают раздражения из внешней среды, реакции самого организма, обрабатывают полученную информацию, т. е. осуществляют так называемый афферентный синтез, являющийся стимулом, пусковым элементом адаптации. В центральном регуляторном звене функциональной системы, представленном нейронными и гуморальными процессами, формируется программа действия, соответствующая заданному результату.

Интегрированный стимул из центрального регуляторного звена в виде совокупности афферентных возбуждений (афферентное звено) направляется к исполнительным органам и реализуется в конкретном действии. Информация о соответствии действия с моделью поступает в центральную нервную систему путем обратной афферентации и сличается с моделью. Рассогласование афферентной информации с моделью является стимулом для афферентного синтеза и корректирующих реакций.

Таким образом, увеличение силы, скорости и точности движений при их многократном выполнении в процессе долговременной адаптации достигается двумя основными процессами: формированием в центральной нервной системе механизма управления движениями и морфофункциональными изменениями в двигательной системе, системах дыхания, кровообращения, крови и др., возрастанием количества миоглобина и митохондрий, перераспределением кровотока и др. Формирование функциональной системы с вовлечением в этот процесс морфофункциональных структур организма составляет принципиальную основу долговременной адаптации к физическим нагрузкам. Зная структуру и закономерности формирования функциональной системы, можно различными средствами эффективно влиять на отдельные ее звенья, т. е. управлять адаптационным процессом.

Первоначальный эффект любого раздражителя, требующий значительного повышения функциональных возможностей человека, состоит в возбуждении соответствующих афферентных и моторных центров, мобилизации двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, механизмов энергообеспечения и др., которые в совокуп-

ности образуют единую функциональную систему, специфически ответственную за осуществление данного вида работы. Однако эффективность этой системы невелика: она не обладает ни достаточной мощностью, ни экономичностью, отдельные звенья ее исчерпывают свои возможности даже при работе относительно небольшой интенсивности и продолжительности. Многократное использование раздражителей, приводящих к мобилизации системы, постепенно приводит к развитию долговременной адаптации. При этом главным системообразующим, формирующим ее фактором является результат действия системы. Информация о достигнутом адаптационном эффекте на основе обратной связи постоянно поступает в нервные центры, которые, в свою очередь, обеспечивают регуляцию деятельности исполнительных органов в направлении достижения эффективной долговременной адаптации [32, 62].

В неадаптированном организме центральная «управляющая» система действует нерезультативно: координация движений является несовершенной, интенсивность и продолжительность работы недостаточны. Это связано, прежде всего, с несовершенством существующих межцентральных связей и недостаточным их количеством. В этом случае отмечается неэффективная импульсация, стимулирующая мышцы, которые должны быть вовлечены в работу, и мышцы-антагонисты. Одновременно наблюдается дискоординация в деятельности дыхания, кровообращения и мышц [12, 23].

Систематическая тренировка приводит к расширению межцентральных связей всех моторных уровней мозга, развитию динамического стереотипа как слаженной уравновешенной системы нервных процессов, формирующейся по механизму условных рефлексов. При этом развитие стереотипа распространяется на вегетативные функции, т. е. образуется действенная система целостного регулирования выполнения соответствующей мышечной работы [4, 14].

Адаптация центральной управляющей системы проявляется в автоматизации движений, при этом хорошо закрепленные двигательные навыки выполняются без контроля нервными центрами. Накопление фонда условных рефлексов в процессе тренировки способствует расширению возможностей человека к экстраполяции в процессе выполнения сложных двигательных актов, т. е.

к расширению возможностей центральной нервной системы мгновенно создавать алгоритмы моторных актов, необходимых для эффективного решения двигательных задач [6, 10].

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ И СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В специальной литературе понятие «функциональная подготовленность» трактуется неоднозначно, хотя, казалось бы, рассматривать его следует как производное понятия «функциональная система» с соответствующим определением.

Достаточно распространенным является мнение, согласно которому под функциональной подготовленностью следует понимать состояние организма, которое отражает уровень развития и способность к реализации физиологических, биохимических, психологических и других резервов, достигнутых в процессе тренировки. На этой основе декларируется необходимость выделения в системе подготовки спортсменов самостоятельного раздела «функциональная подготовка» наряду с физической, технической, тактической, психологической и интегральной, хотя очевидно, что каждый из видов подготовки базируется на потенциале систем обеспечения. Другие специалисты связывают функциональную подготовленность с возможностями исключительно кислородтранспортной системы, систем энергообеспечения, опуская нейрорегуляторные, психологические, спортивно-технические и другие составляющие.

Подобная трактовка понятия «функциональная подготовленность» неприемлема, если в основу определения понятия «функциональная система» положены представления П. К. Анохина, общепринятые и широко используемые в теории и методике спорта. В этой связи и понятие «функциональная подготовленность» должно отражать способность организма спортсмена к достижению конкретного результата, носящего системообразующий характер. В этой связи большинство специалистов рассматривают функциональную подготовленность спортсменов как состояние организма, обеспечивающее эффективную соревновательную деятельность на основе высокого уровня развития качеств и способностей, значимых для конкретного вида спорта [34]. Такое определение логично и обосновано, одна-

ко относится оно лишь к функциональной системе высшего (интегративного) уровня, системообразующим фактором которой является спортивный результат. Но в структуре подготовленности спортсменов может быть выделено множество локальных функциональных систем, находящихся на различных иерархических уровнях по отношению к спортивному результату. Можно выделить функциональные системы, обуславливающие эффективность конкретного двигательного действия или технического приема, мощность или емкость аэробных или анаэробных энергетических систем, проявление максимальной или скоростной силы, эффективность старта или ускорения, уровень дистанционной скорости и мн. др. Каждое из указанных и огромного множества других проявлений возможностей спортсменов ориентировано на достижение конкретного результата, который и формирует соответствующие функциональные системы со сложным взаимодействием нейрорегуляторных, психологических, физиологических, спортивно-технических и других компонентов.

Такой подход обеспечивает системное мышление, выделение комплекса значимых для каждой системы элементов, анализ их взаимодействия и взаимосодействия, устранение противодействующих явлений и процессов, определение места и связей локальной функциональной системы в системах вышестоящего уровня. Все это объективизирует процесс формирования и развития конкретной функциональной системы, определение того уровня, при котором развитие системы не войдет в противоречие со становлением других составляющих подготовленности. Что же касается иерархии систем, суммарная деятельность которых обеспечивает уровень подготовленности спортсмена и его спортивные достижения, то здесь важно, чтобы на каждом из уровней обеспечивалось взаимодействие и взаимосодействие составляющих систему элементов, формирование интегративного эффекта и его переводение на более высокий уровень иерархии.

И здесь возникает необходимость широкого внедрения методологии как для развития научного знания, так и для его реализации в практике подготовки спортсменов. В этом случае методологические возможности теории адаптации, системного подхода, концепции доминанты А. А. Ухтомского, теории функциональных систем П. К. Анохина от-

крывают широкие перспективы дальнейшего развития теории и методики спортивной подготовки даже в тех областях, в которых, казалось бы, все ясно и непротиворечиво. Например, в отечественной теории и методике спортивной подготовки прочно укоренились представления, согласно которым процесс подготовки спортсменов делится на относительно самостоятельные виды: техническую, физическую, тактическую, психологическую. В каждом из этих видов подготовки накоплен огромный массив эмпирического и теоретического знания. Однако большая его часть связана с конкретным видом подготовки. Что касается взаимосвязи знаний, относящихся к ее различным видам, взаимосодействия их элементов, относящихся к спортивной технике и технической подготовке, двигательным качествам, технико-тактическим и психологическим составляющим, то здесь нет необходимой сбалансированности, ориентированной на достижения конечного результата. В результате в структуре подготовленности оказываются слабые звенья, ограничивающие проявление сильных сторон, или гипертрофированный уровень отдельных составляющих, подавляющий развитие и проявление других, не менее значимых.

Согласно устоявшимся взглядам, сбалансированность всех видов подготовки должна достигаться за счет так называемой интегральной подготовки, призванной объединить в целостную систему, обеспечивающую реализацию оптимальной модели соревновательной деятельности, результаты технической, физической, тактической и психологической подготовки. То есть интегральная подготовка рассматривается в качестве завершающего этапа, обеспечивающего синтез результатов технико-тактического, физического и психологического совершенствования.

Не принижая значимости интегральной подготовки как завершающей части того или иного элемента структуры процесса подготовки (этапа, периода, макроцикла и др.), нельзя не видеть, что принцип интегратизма должен быть исходной основой содержания любого из структурных элементов процесса подготовки, обеспечивая становление составляющих спортивного мастерства до оптимального уровня в их органическом единстве, взаимосодействии с позиций достижения многочисленных промежуточных целей и заданного конечного результата.

В последние годы в теории спортивной подготовки во многих работах наметилась тенденция к абстрагированию от разделения процесса подготовки спортсменов на традиционно сложившиеся виды (техническая, физическая, тактическая, психологическая). Действительно, ни одно из значимых двигательных действий в современном спорте не может быть отождествлено лишь тем или иным видом подготовки. Оно всегда является следствием технических, физических, психологических возможностей, реализуемых в конкретной ситуации, обусловленной тактикой соревновательной борьбы. Поэтому принцип интегратизма предполагает выделение, определение значимости, методики оценки различных составляющих спортивного мастерства с позиций значимости для достижения заданного результата, а не условной принадлежности к тому или иному виду подготовки [26, 42, 45 и др.].

СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Функциональные системы характеризуются рядом свойств, которые обеспечивают достижение заданного результата. В числе важнейших из них следует выделить следующие:

- **мощность** – максимальный уровень физических и психических ресурсов, которые могут быть мобилизованы для достижения заданного эффекта и способность к их мобилизации в конкретном действии;
- **вработываемость** – способность функциональной системы к разворачиванию процессов, обеспечивающих достижение заданного результата, формированию адекватной двигательной доминанты;
- **динамичность** – способность функциональной системы оперативно и адекватно отвечать соответствующими поведенческими актами на изменения во внутренней и внешней среде;
- **подвижность** – способность к экстренной коррекции роли, взаимодействия и взаимосодействия различных элементов системы на основе афферентной информации о приспособительном результате;
- **саморегуляция** – способность к достижению заданного результата при изменении внутренней среды организма и внешних факторов путем внутренней координации деятельности различных элементов системы;
- **резистентность** – устойчивость к действию внутренних и внешних факторов,

противодействующих достижению заданного результата;

- **емкость** – объем ресурсов функциональной системы, которые могут быть мобилизованы в процессе достижения заданного результата;

- **экономичность** – способность системы к достижению конечного результата при минимальных затратах физических и психических ресурсов.

Вполне естественно, что не всем из множества функциональных систем, формирующихся в процессе подготовки и соревновательной деятельности атлетов, характерна совокупность этих свойств. Для любой из систем характерны наиболее значимые свойства, другие носят дополнительный характер или могут отсутствовать вообще. Например, когда речь идет об анаэробной алактатной энергетической системе, то ее свойства практически ограничиваются мощностью и емкостью. Свойства аэробной системы более широки. Здесь, наряду с мощностью и емкостью, большое значение имеют такие свойства, как вработываемость, динамичность, подвижность, самореализация, экономичность. Функциональные системы, обеспечивающие результативность в подавляющем большинстве видов соревнований циклических видов спорта, связанных с проявлением выносливости, характеризуются специфическими проявлениями и сложным взаимодействием всех вышеуказанных свойств. Это же характерно и для спортивных игр, спортивных единоборств. Когда же речь идет о скоростно-силовых видах соревнований (легкоатлетические метания, рывок и толчок штанги), то в структуре функциональных систем, обеспечивающих эффективную соревновательную деятельность, решающую роль играют такие свойства, как мощность и вработываемость.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ И РЕАКЦИИ АДАПТАЦИИ

Понятие «адаптация» тесно связано с представлением о функциональных резервах, т. е. скрытых возможностях человеческого организма, которые могут быть реализованы в экстремальных условиях. Биологические резервы адаптации могут быть подразделены на клеточные, тканевые, органные, системные и резервы целостного организма. На уровне клеток резервы адаптации связаны с варьированием числа активно функционирующих структур из общего числа

ТАБЛИЦА 1 – Функциональные резервы мужчин, не занимающихся спортом, и спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в видах спорта, требующих проявления выносливости

Показатель	Не занимающиеся спортом			Спортсмены высокой квалификации		
	В покое	При предельной нагрузке	Сдвиги (количество раз)	В покое	При предельной нагрузке	Сдвиги (количество раз)
Объем сердца, мл	700	–	–	1100–1300	–	–
Систолический объем, мл	80	110	1,4	100	200	2,0
Сердечный выброс, л	5,6	19,3	3,5	4,6	39,9	8,7
Потребление кислорода, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	4,5	45	10	3,8	70	18,4
Максимальная концентрация лактата, ммоль·л ⁻¹	1,0	8	8	1,0	22	22,0
ЧСС, уд·мин ⁻¹	70	175	2,5	45	210	4,7

имеющихся и увеличением числа структур соответственно уровню функционального напряжения, требуемого от органа. На более высоких уровнях функциональные резервы проявляются в снижении энергозатрат на единицу работы, повышении интенсивности и эффективности функционирования различных органов и систем организма. На уровне целостного организма резервы проявляются в возможностях осуществления целостных реакций, обеспечивающих решение двигательных задач разной сложности и адаптацию к экстремальным условиям окружающей среды [18, 24, 57].

Для количественного выражения функциональных резервов определяют разность между максимально возможным уровнем активности отдельных органов и систем и уровнем, характерным для состояния относительного покоя. В таблице 1 приведены данные о функциональных резервах различных органов и систем организма лиц, не занимающихся спортом, и спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в видах спорта, требующих проявления выносливости. Эти данные свидетельствуют об исключительно высоких (срочных и долгосрочных) адаптационных способностях организма спортсменов.

Следует отметить, что способность к реализации функциональных резервов находится в прямой зависимости от характера двигательной деятельности. Спортсмены высокого класса способны в полной мере реализовать функциональные резервы лишь

в тех видах деятельности, которые составляли основное содержание тренировочного и соревновательного процессов. Например, велосипедисты-шоссейники демонстрируют максимальные величины мощности и емкости аэробной системы энергообеспечения при велоэргометрических нагрузках и особенно при тестировании в стандартных условиях специфической работы на шоссе. Беговые нагрузки для них являются малоприемлемыми, так как не позволяют в полной мере раскрыть имеющиеся резервы. Бегуны, напротив, в процессе тестирования, направленного на выявление имеющихся функциональных резервов, должны использовать исключительно беговые нагрузки [24].

Способность к реализации функциональных резервов организма спортсмена во многом обуславливается мотивацией. Психологическая настройка может привести к проявлению работоспособности, казалось бы, абсолютно не соответствующей возможностям спортсмена и предшествовавшему опыту. В этом отношении интересно сослаться на опыт некоторых американских тренеров, склонных к побуждению своих спортсменов к установлению различных рекордов при выполнении программ тренировочных занятий. Многие из этих рекордов действительно поражают воображение даже тех специалистов, которые склонны к применению больших объемов работы и предельных тренировочных нагрузок. Например, тренер известного клуба «Мишон Вьехо Нададорес» в Калифорнии Билл Роуз однажды предло-

жил своему 16-летнему ученику Хуану Веласу, специализировавшемуся в плавании баттерфляем, тренировочную серию 100×100 м в режиме 1 мин 30 с со средним результатом 1.10–1.12. Все спортсмены клуба и тренеры считали невозможным выполнение такой программы и со страхом следили за тем, как после разминки Велас в течение 2,5 ч выполнял эту программу. Спортсмен справился с задачей, показав средний результат на стометровых дистанциях – 1:10.2 при худшем результате 1:12.3 и лучшем (последнее повторение) – 1:05.1 [74].

Тренер Дик Шульберг, добившийся особенно высоких результатов при подготовке пловцов, специализирующихся в комплексном плавании (его ученики попадали в олимпийскую команду США на семи Играх Олимпиад), приводит примеры крайне напряженных тренировочных серий, выполнявшихся его ученицами, специализировавшимися в комплексном плавании. Например, Сьюзен Хион (лучший результат на 400 м комплексное плавание 4:46.1) выполняла серию 75×100 м вольным стилем в режиме 1 мин 30 с со средним результатом 1:10. Проплыв 75 отрезков, Сьюзен решила продлить плавание и в конечном счете преодолела еще 75 отрезков со стандартным результатом 1:10. На выполнение этой серии (15 000 м – 150×100 м) спортсменка затратила 3 ч 45 мин [24].

ФОРМИРОВАНИЕ СРОЧНОЙ АДАПТАЦИИ

В качестве примера срочной адаптации можно привести реакции организма спортсменов, специализирующихся в видах спорта, предъявляющих высокие требования к выносливости, на выполнение однократной относительно непродолжительной интенсивной физической нагрузки. Сразу после начала работы резко активизируется деятельность различных органов, систем и механизмов, определяющих работоспособность спортсмена, эффективность деятельности функциональной системы, ответственной за эффективное выполнение конкретной работы. В течение 1–2 мин ЧСС может возрасти до $190\text{--}220 \text{ уд} \cdot \text{мин}^{-1}$, систолический объем – до $200 \text{ мл} \cdot \text{уд}^{-1}$ и более, сердечный выброс – до $38\text{--}40 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$, потребление кислорода – до $5\text{--}6 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$ и более. Происходит резкое увеличение мышечного кровотока, в мышцах и крови спортсмена интенсивно накапливаются продукты мы-

шечного метаболизма, истощаются запасы энергетических субстратов – креатинфосфата, мышечного гликогена.

Преращение работы приводит в действие противоположные процессы срочной адаптации. В течение непродолжительного времени возвращаются к дорабочему уровню ЧСС, частота и глубина дыхания, легочная вентиляция, сердечный выброс, распределение кровотока, а также восстанавливаются запасы энергетических субстратов.

Срочные адаптационные реакции обусловлены величиной раздражителя, тренированностью спортсмена, его готовностью к выполнению конкретной работы, способностью функциональных систем организма спортсмена к эффективному восстановлению и др. и в целом достаточно быстро переходящи. Например, нормализация показателей после кратковременных упражнений может произойти за несколько десятков секунд, а может (например, после бега на марафонскую дистанцию) затянуться на несколько дней. Восстановительные процессы после программ тренировочных занятий с большими нагрузками, вызывающих явное утомление, истощение запасов мышечного гликогена, могут затянуться на 2–3 дня [23].

Следует учесть, что формирование срочной адаптации применительно к определенным двигательным действиям, выраженное в целесообразных по величине и особенностям взаимодействия сдвигах параметров функциональных систем, не означает наличия устойчивой адаптации. Действительно, первоначальный эффект любой напряженной нагрузки состоит в возбуждении соответствующих афферентных и моторных центров, мобилизации деятельности мышц, органов кровообращения и дыхания, которые в совокупности образуют функциональную систему, ответственную за выполнение конкретной мышечной работы. Однако эффективность этой системы находится в строгом соответствии с имеющимся в данный момент ее функциональным ресурсом, который ограничивает объем, интенсивность и экономичность выполняемой работы. Увеличение этого ресурса требует многократного проявления максимальных (или близких к ним) возможностей функциональной системы, в результате чего формируется долговременная адаптация.

Срочные адаптационные реакции могут быть подразделены на три стадии. Наиболее наглядно их наличие проявляется при пре-

одолении длинных дистанций в беге, велосипедном, конькобежном и лыжном спорте, в плавании и биатлоне, а также при выполнении программ тренировочных занятий с большим суммарным объемом работы.

Первая стадия связана с активизацией деятельности различных компонентов функциональной системы, обеспечивающей выполнение заданной работы. Это выражается в резком увеличении ЧСС, сердечного выброса, уровней вентиляции легких, потребления кислорода и др.

Вторая стадия наступает, когда деятельность функциональной системы протекает при стабильных характеристиках основных параметров ее обеспечения, в так называемом устойчивом состоянии.

Третья стадия характеризуется нарушением установившегося баланса между запросом и его удовлетворением в силу утомления нервных центров, обеспечивающих регуляцию движений, и истощением углеводных ресурсов организма. Излишне частое предъявление организму спортсмена требований, связанных с переходом в третью стадию срочной адаптации, может неблагоприятно повлиять на темпы формирования долговременной адаптации, а также привести к отрицательным изменениям в состоянии различных органов.

Каждая из указанных стадий срочной адаптации связана с включением функциональных резервов соответствующего эшелона. Первый из них мобилизуется при переходе от состояния относительного покоя к мышечной деятельности и обеспечивает работу до появления явлений компенсированного утомления, второй – при продолжении работы в условиях прогрессирующего утомления. Использование резервов второго эшелона связано с непроизвольным отказом от выполнения заданной работы в связи с истощением соответствующих физических и психических ресурсов. В условиях физических нагрузок, характерных для тренировочной и соревновательной деятельности, все резервы не используются, что дает основание для выделения третьего эшелона резервов, которые мобилизуются организмом лишь в крайне экстремальных условиях [7, 18]. Необходимо отметить, что в условиях, наиболее характерных для главных соревнований (Олимпийские игры, чемпионаты мира), которые отличаются исключительно напряженной конкуренцией, интенсивной психологической нагрузкой, спортсмены вы-

сокого класса часто способны мобилизовать функциональные резервы, находящиеся далеко за пределами представлений о возможностях второго эшелона, выявленных в условиях тренировки и участия во второстепенных соревнованиях [24].

Отдельно следует подчеркнуть, что особенностью хорошо адаптированных функциональных систем является их исключительная динамичность, подвижность и резистентность, обеспечивающие достижение одинакового конечного результата при различных состояниях внешней и внутренней среды. Например, бегуны, лыжники или пловцы высокой квалификации, в отличие от недостаточно квалифицированных, не только имеют значительно более высокие показатели максимальной скорости, но и проявляют способность к ее удержанию в конце дистанции. Достигается это эффективным варьированием основных динамических и кинематических характеристик движений в соответствии с изменением функциональных возможностей на разных отрезках дистанции. Естественное снижение мощности движений по мере развития утомления компенсируется увеличением темпа движений.

ФОРМИРОВАНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ

Долговременная адаптация возникает постепенно, в результате длительного или многократного действия на организм спортсмена определенных раздражителей. По сути, долговременная адаптация развивается на основе многократной реализации срочной адаптации и характеризуется тем, что в результате постепенного количественного накопления определенных изменений организм приобретает новое качество – из неадаптированного превращается в адаптированный (рис. 1).

Долговременные адаптационные реакции носят гетерохронный характер. Например, уже через 5–7 дней после начала напряженной тренировки аэробного или аэробно-анаэробного характера отмечается существенное увеличение показателей систолического объема и сердечного выброса, скорости удаления из мышечной ткани молочной кислоты. Эти изменения могут сохраняться в течение 10–20 дней после прекращения тренировки [46]. В то же время изменения в мышечной ткани требуют более продолжительной тренировки. Достоверное увеличение количества митохон-

дрий, уровней миоглобина, сократительного белка, ферментов, расширение капиллярной сети отмечается не ранее чем через 5–8 нед. напряженной тренировки [57, 63].

Рассматривая взаимодействие срочной и долговременной адаптации, следует указать на то, что переход от срочного, во многом несовершенного, этапа адаптации к долговременному – узловой момент адаптационного процесса, так как является свидетельством эффективного приспособления к соответствующим факторам внешней среды. Для перехода срочной адаптации в гарантированную долговременную внутри возникшей функциональной системы должен произойти важный процесс, связанный с комплексом структурных и функциональных изменений в организме, обеспечивающий развитие, фиксацию и увеличение мощности системы в соответствии с предъявляемы-

ми к ней требованиями. Установлено, что морфофункциональные перестройки при долговременной адаптации обязательно сопровождаются следующими процессами: а) изменением взаимоотношений регуляторных механизмов; б) мобилизацией и увеличением структурных и функциональных резервов организма; в) формированием специальной функциональной системы, обеспечивающей эффективное выполнение конкретной деятельности. Эти три реакции являются главными и основными составляющими процесса адаптации. В достижении устойчивой и совершенной адаптации большую роль играют перестройка регуляторных приспособительных механизмов и мобилизация физиологических резервов, а также последовательность их включения на разных функциональных уровнях. Повидимому, вначале включаются обычные

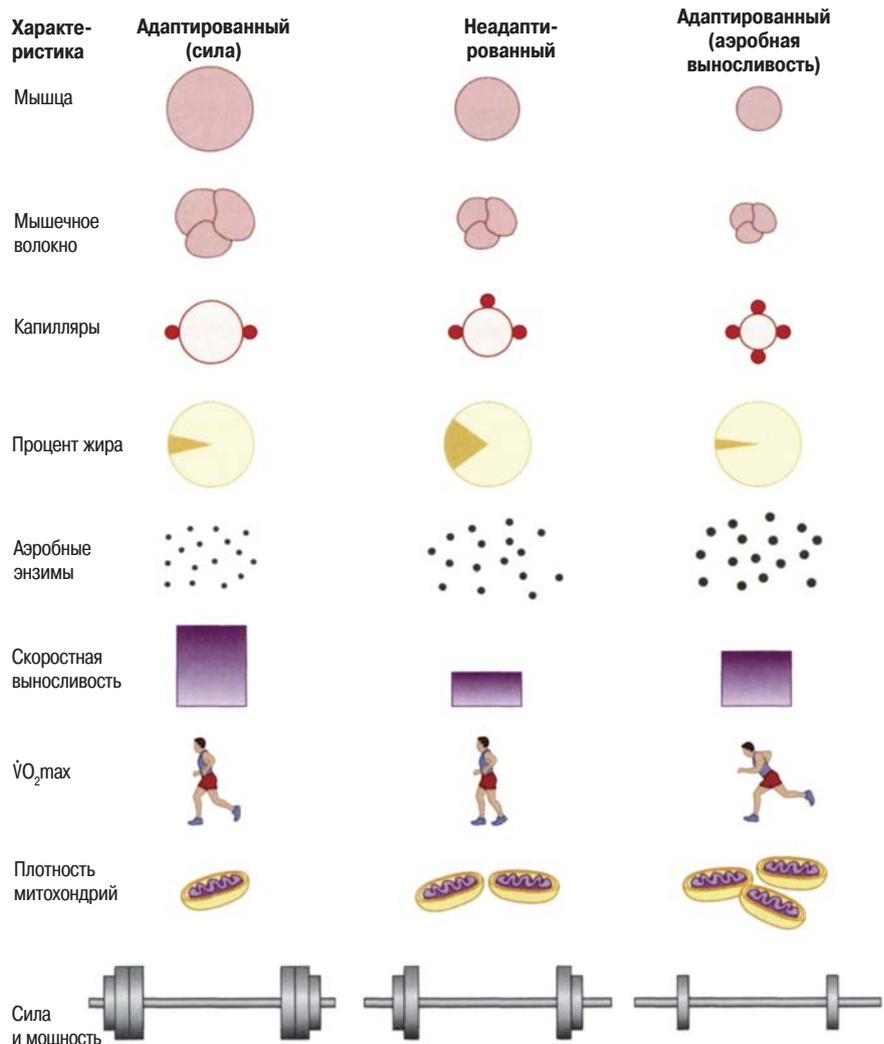


РИСУНОК 1 – Реакции долговременной адаптации при тренировке, направленной на развитие силы и выносливости к работе аэробного характера [43]

физиологические реакции и лишь затем – реакции напряжения механизмов адаптации, требующие значительных энергетических затрат с использованием резервных возможностей организма, что в результате приводит к формированию специальной функциональной системы, обеспечивающей конкретную деятельность человека. Такая функциональная система у спортсменов представляет собой вновь сформированное взаимоотношение нервных центров, гормональных, вегетативных и исполнительных органов, необходимое для решения задач приспособления организма к конкретной физической нагрузке [32].

Формирование долговременных адаптационных реакций проходит четыре стадии.

Первая стадия связана с систематической мобилизацией функциональных ресурсов организма спортсмена в процессе выполнения тренировочных программ определенной направленности с целью стимуляции механизмов долговременной адаптации на основе суммирования эффектов многократно повторяющейся срочной адаптации.

Во *второй стадии* на фоне планомерно возрастающих и систематически повторяющихся нагрузок в органах и тканях соответствующей функциональной системы происходят интенсивные структурные и функциональные преобразования. В конце этой стадии наблюдаются необходимая гипертрофия органов и слаженность деятельности различных звеньев и механизмов, обеспечивающих эффективную деятельность функциональной системы в новых условиях.

Третью стадию отличает устойчивая долговременная адаптация, выражающаяся в наличии необходимого структурного резерва для обеспечения нового уровня функционирования системы, стабильности функциональных структур, тесной взаимосвязи регуляторных и исполнительных органов.

Четвертая стадия наступает при нерационально построенной, обычно излишне напряженной тренировке, неполноценном питании и восстановлении и характеризуется изнашиванием отдельных компонентов функциональной системы. Наступлению этой стадии способствуют и различные неблагоприятные факторы внешней среды – дефицит времени, проблемы с образованием, сложные взаимоотношения в коллективе, семье, с тренером, социальная изоляция и др. [10, 64, 81].

Рационально построенный тренировочный процесс предполагает первые три стадии адаптации. При этом следует указать на то, что протекание адаптационных реакций в пределах указанных стадий может относиться к различным компонентам структуры подготовленности спортсмена и соревновательной деятельности в целом. В частности, по такому пути протекает адаптация отдельных органов (например, сердца), систем энергообеспечения (например, системы, обеспечивающей уровень аэробной производительности) различных функциональных систем, направленных на эффективность компонентов соревновательной деятельности (например, старта, ускорения, уровня дистанционной скорости и др.), а также формируется подготовленность спортсмена в целом, проявляющаяся в его способности к достижению спортивного результата, запланированного на данном этапе спортивного совершенствования.

В качестве примера протекания долговременной адаптации в ответ на нагрузки, предъявляющие высокие требования к аэробной и анаэробной лактатной системам энергообеспечения, можно сослаться на мнение К. Хоттенротта и Дж. Неймана [54], которые выделяют несколько ступеней адаптации. На первой из них, продолжительностью от 7 до 14 дней, улучшаются процессы нервной регуляции движений, происходит синхронизация деятельности мышц и двигательных единиц, уменьшается ЧСС при стандартной нагрузке, появляются признаки увеличения концентрации гликогена в мышцах и печени. На второй, продолжительностью около 2–3 нед., существенно возрастают запасы КрФ и гликогена в мышечной ткани, активно развивается процесс увеличения количества митохондрий, происходит гипертрофия мышечных волокон за счет актина и миозина, возрастает концентрация кальция и эффективность скольжения миофиламентов. На третьей ступени (2 нед.) при значительно сниженной нагрузке развивается процесс восстановления и формирования адаптационного эффекта в системах энергообеспечения, формируется функциональное согласование деятельности регуляторных и исполнительных систем.

Вполне естественно, что продолжительность каждой из стадий формирования долговременной адаптации зависит от этапа многолетнего совершенствования спортсмена, направленности тренировочного

процесса и суммарной величины нагрузок, периода годичной подготовки и исходного состояния спортсмена, его функциональных резервов и адаптационного ресурса. Под влиянием этих факторов представленная модель адаптации может быть иной продолжительности, как правило большей, и достигать 8–10 нед. [26].

Вопрос о механизме индивидуальной (фенотипической) адаптации состоит в том, каким образом потенциальные, генетически детерминированные возможности организма в ответ на требования среды преобразуются в реальные возможности. Возросшие требования окружающей среды сравнительно быстро приводят к образованию систем, которые обеспечивают более или менее адекватную адаптационную реакцию организма на новые раздражители. Однако для формирования совершенной адаптации само по себе возникновение такой функциональной системы оказывается недостаточным. Необходимо, чтобы в клетках, тканях и органах, образующих такую систему, возникли структурные изменения, повышающие ее мощность.

Действенное развитие долговременной адаптации связано с систематическим применением нагрузок, предъявляющих высокие требования к адаптируемой системе. Интенсивность развития долговременных адаптационных реакций определяется величиной однократных нагрузок, частотой их применения и общей продолжительностью тренировки. Наиболее эффективно долговременная адаптация развивается при частом использовании больших и значительных нагрузок, предъявляющих высокие требования к функциональным системам организма [19, 23, 82]. Структурные и функциональные изменения в сердечной мышце (ее гипертрофия, увеличение количества волокон на единицу массы, увеличение мощности кальциевого насоса волокон богатых саркоплазмой, которые относятся к проводящей системе сердца – иногда обозначаемой как его специфическая мускулатура, – повышение концентрации гемоглобина и активности ферментов, ответственных за транспорт субстратов к митохондриям, увеличение количества коронарных капилляров и массы митохондрий и др.) являются основой для повышения возможностей сердца к срочной мобилизации, увеличения скорости и амплитуды его сокращений, достижения высоких величин систолического и сердечного



РИСУНОК 2 –
Телосложение
сильнейших
спортсменов
мира, спе-
циализирую-
щихся в боди-
билдинге:
1 – Деннис
Вольф;
2 – Айрис Кайл;
3 – Кай Грин

выброса, устойчивости к утомлению [38, 49]. Например, максимальный систолический объем у людей, не занимающихся спортом, обычно не превышает 110 мл. У спортсменов, специализирующихся в видах спорта, связанных с проявлением выносливости, он может достигать 195–227 мл. При выполнении работы, предъявляющей максимальные требования к кислородтранспортной системе, сердечный выброс у квалифицированных спортсменов может возрасти почти в 10 раз – с 4–5 до 40–45 л · мин⁻¹ [26]. Если у мужчин, не занимающихся спортом, уровень максимального потребления кислорода обычно не превышает 3,0 л · мин⁻¹, то у высококвалифицированного лыжника уровень $\dot{V}O_{2\max}$ достигает 7,46 л · мин⁻¹ [76].

Такой характер долговременной адаптации относится не только к сердцу, а закономерно проявляется на уровне мышечной ткани, органов нервной и эндокринной регуляции и др. В частности, на уровне нервной регуляции адаптация функциональной системы связана с гипертрофией мотонейронов и повышением в них активности дыхательных ферментов; на уровне мышечной ткани увеличивается емкость сети капилляров, возрастает количество митохондрий в мышцах. Увеличение количества митохондрий в мышечной ткани наряду с ростом аэробной мощности способствует возрастанию способности мышц утилизировать пируват, что ограничивает накопление лактата, обеспечивает мобилизацию и использование жирных кислот, а в итоге способствует более интенсивному и длительному выполнению работы [17].

Принцип доминирующего не только функционального, но и структурного обеспечения систем, преобладающих в процессе

конкретной адаптации, наблюдается и при силовой работе. Избыточная силовая тренировка приводит к интенсивному накоплению сократительных белков без соответствующего синтеза белков митохондрий и роста васкуляризации мышечной ткани. В результате гипертрофия мышечной массы и рост силы сопровождаются снижением удельной плотности митохондрий в мышечной ткани, уменьшением ее снабжения кислородом, увеличением продукции лактата, и в результате – снижением выносливости [80]. Однако возможности современной тренировки, сопровождающейся соответствующим питанием, в отношении мышечной гипертрофии огромны. Пожалуй, наиболее наглядно это проявляется в бодибилдинге (рис. 2).

Процесс формирования эффективной долговременной адаптации нейрогуморальной системы организма связан с увеличением показателей ее мощности и экономичности. Повышение мощности прежде всего обуславливается развитием гипертрофии мозгового слоя надпочечников и увеличением в них запасов катехоламинов, гипертрофией коры надпочечников, в том числе ее пучковой зоны, секретирующей глюкокортикоиды, что сопровождается изменениями ультраструктуры кортикоцитов, приводящими к повышению способности синтезировать кортикостероиды. Увеличение запасов катехоламинов приводит к их большей мобилизации при кратковременных нагрузках взрывного характера, предупреждает их истощение при длительных нагрузках. Увеличение способности коры надпочечников синтезировать кортикостероиды обеспечивает их высокий уровень в крови при длительных нагрузках и тем

самым повышает работоспособность спортсменов [5].

Увеличение экономичности нейрогуморальной системы проявляется в значительно меньшем высвобождении катехоламинов в ответ на стандартные нагрузки. Например, уже трехнедельная тренировка на выносливость приводит к достоверному снижению концентрации катехоламинов в крови при выполнении стандартной нагрузки по сравнению с исходными данными, а после восьминедельной тренировки увеличения концентрации катехоламинов не наблюдается вообще [84].

Повышение функциональных возможностей надпочечников во многом определяет эффективность энергообеспечения мышечной работы. Катехоламины активизируют ключевые ферменты гликогенолиза и гликолиза и, как следствие, сами эти процессы в скелетных мышцах, сердце и печени увеличивают выход в кровь из печени глюкозы и ее транспорт в клетки миокарда и мышц [5].

Активация гуморальной регуляции способствует более интенсивному синтезу нуклеиновых кислот и белков. Гиперфункция органов и тканей функциональной системы, стимулируемая повышенной гормональной активностью, в значительной мере обуславливает формирование структурного базиса долговременной адаптации к физической нагрузке. Прирост экономичности деятельности нейрогуморальной системы при тренированности связывают с повышением адренореактивности тканей [37] и совершенствованием механизма саморегуляции органов функциональной системы, ответственной за адаптацию [27, 83].

Экономизация адаптированного организма по сравнению с неадаптированным проявляется:

- в состоянии покоя – в уменьшении ЧСС с 65–75 до 35–50 уд·мин⁻¹, частоты дыхания – с 16–20 до 6–10 циклов в минуту, снижении минутного объема дыхания на 10–12 %, уменьшении потребления кислорода на 20 %;

- при стандартной нагрузке – в снижении потребления кислорода в миокарде в 1,5–2 раза [50], значительно меньшем увеличении ЧСС и частоты дыхания, меньшем повышении уровня лактата в мышцах и крови, менее выраженной реакции симпатoadренальной системы и соответственно меньшем повышении уровня катехоламинов в крови [19, 27].

У нетренированных лиц порог анаэробного обмена отмечается при работе с интенсивностью на уровне 50–60 % $\dot{V}O_{2max}$. У спортсменов высокой квалификации, отличающихся высокими возможностями кислородтранспортной системы, накопление молочной кислоты в мышцах происходит при работе с интенсивностью 70–80 % и более уровня $\dot{V}O_{2max}$ [60]. При стандартной работе у тренированных лиц по сравнению с нетренированными отмечается меньшая концентрация лактата в крови, а при максимальных нагрузках, напротив, у тренированных регистрируется значительно большая концентрация лактата [57]. Важным элементом долговременной адаптации является формирование в коре большого мозга экономичных и стабильных систем активности, являющихся частью функциональных систем управления движениями и обладающих высокой помехоустойчивостью. У лиц, хорошо адаптированных к подобным нагрузкам, в отличие от неадаптированных, эти системы не разрушаются при действии различных сбивающих факторов (высокого психического и эмоционального напряжения, внешних помех, развития утомления). Долговременная адаптация к предельным нагрузкам связана не только с расширением функциональных возможностей коры головного мозга, но и с повышением способности к мобилизации функциональных резервов в условиях преодолеваемого утомления [31, 36].

Долговременная адаптация характеризуется увеличением функциональных резервов, являющихся следствием серьезных структурных перестроек органов и тканей,

значительной экономизацией функций, повышением подвижности, динамичности, саморегуляции и резистентности в деятельности функциональных систем, налаживанием рациональных и гибких взаимосвязей двигательной и вегетативных функций. Более того, возникновение адаптационных перестроек, не связанных с существенной гипертрофией органов, является наиболее рациональным, так как они более устойчивы к процессам деадаптации, требуют меньших усилий для поддержания достигнутого уровня и, что весьма важно, не связаны со столь глубокой эксплуатацией генетически обусловленных и ограниченных адаптационных возможностей по сравнению с адаптацией, осуществленной в основном за счет структурных изменений органов, в частности, увеличения их массы.

Экономичность адаптированной системы проявляется на уровне клеток и органов, где она детерминирована соотношением клеточных структур; на уровне системы в целом, где она определяется соотношением органов; наконец, на уровне нейрогуморальной регуляции, где экономичность оказывается следствием повышения реактивности адаптированных органов к медиаторам и гормонам [16]. Например, сердце тренированного человека потребляет примерно на одну треть меньше кислорода и субстратов окисления при выполнении стандартной работы по сравнению с сердцем нетренированного [50], что связано с изменением соотношения клеточных структур, обеспечивающих повышение эффективности преобразования энергии на уровне клеток. На уровне нейрогуморальной регуляции, ответственной за адаптацию систем, экономичность функционирования выражается в повышении реактивности органов, образующих данную систему, к управляющим сигналам – гормонам и медиаторам. В результате мобилизация системы при действии на организм факторов внешней среды может быть обеспечена при меньшем выделении регуляторных метаболитов, при меньшем возбуждении регуляторных механизмов [16, 19, 57].

Высокая адаптация организма спортсменов к физическим нагрузкам может снижать резистентность к другим факторам окружающей среды. Например, тренировка с большими нагрузками приводит к уменьшению количества жировой ткани и снижению энергетического эффекта норадреналина и, сле-

довательно, уменьшает возможность теплопродукции при действии холода. В связи с этим объяснима подверженность простудным заболеваниям хорошо подготовленных спортсменов. С жировым истощением, являющимся следствием диет и чрезмерных нагрузок, часто бывает связано и нарушение продукции половых гормонов. Это может приводить к нарушению полового созревания и менструального цикла у спортсменок [41, 69].

Спортсмены, переносящие предельные физические нагрузки, подвержены частым заболеваниям, что объясняется нарушениями клеточного и гуморального иммунитета, а также гормональными нарушениями. Если оптимальные нагрузки повышают иммунологическую активность организма, то чрезмерные нагрузки приводят к снижению иммунореактивности [17].

Эффективное формирование долговременной адаптации не может быть обеспечено без учета фенотипических характеристик, лежащих в основе разделения людей на конституциональные типы. Не только в спорте, где необходимость такого разделения очевидна, но и в других областях человеческой деятельности, связанных с проблемой адаптации, следует использовать дифференцированный подход к людям с разными конституциональными показателями. Так, проблемы, связанные с адаптацией человеческих популяций к условиям жизни и труда в экстремальных условиях Крайнего Севера, Антарктики, пустыни, потребовали дифференциации конституциональных типов внутри популяций, обитающих в этих условиях.

Первый тип («спринтер») способен проявлять мощные физиологические реакции с высокой степенью надежности в ответ на значительные, но кратковременные колебания факторов внешней среды. Однако высокий уровень надежности может поддерживаться относительно короткий срок. Фенотипические свойства «спринтеров» мало приспособлены к выдерживанию длительных нагрузок невысокой интенсивности.

Второй тип («стайер») фенотипически менее приспособлен к перенесению мощных и кратковременных нагрузок. Однако после относительно непродолжительного периода адаптации способен выдерживать равномерные нагрузки в течение длительного времени в неадекватных условиях.

Каждый из этих типов характеризуется выраженными антропометрическими

и морфофункциональными различиями. Между этими крайними конституциональными типами существует определенное количество промежуточных, обозначаемых как «миксты». Медико-биологические знания об адапционных возможностях «спринтеров», «стайеров» и промежуточных конституциональных типов способствуют регуляции жизнеобеспечения человеческих популяций в экстремальных условиях отдельных географических зон [11].

В целом долговременные адапционные реакции на различные сильнодействующие факторы внешней среды, в том числе и на физические нагрузки, базируются на прочном структурном основании. В зависимости от характера нагрузок в действие включаются разные системы организма, усиливают свою работу ткани и клеточные элементы, продуцируются биологически активные вещества. Однако при многообразии путей адаптации функциональных систем, формирующихся в ответ на различные раздражители и расширяющих свой адапционный ресурс, в ее основе лежат единые неспецифические процессы: варьирование количества активно функционирующих структур из их наличного запаса и включение в работу их числа, строго соответствующего требованиям, диктуемым уровнем нагрузки; увеличение мощности и емкости функциональных структур в случае, когда имеющиеся ресурсы недостаточны; отставленный и гетерохронный по отношению к различным структурам адапционный эффект в ответ на реализованные нагрузки; расширение подвижности структур адаптированной системы в плане эффективной приспособительной перестройки, компенсаторных реакций, выполнения смежных функций. Характерно и то, что ни один из этих процессов структурного обеспечения долговременной адаптации не является свойственным какому-либо одному уровню организации – все они универсальны, т. е. одинаково четко прослеживаются на молекулярном, клеточном, тканевом и системном уровнях.

ПЕРЕАДАПТАЦИЯ

Рационально построенная тренировка приводит к резкому возрастанию функциональных возможностей органов и систем организма за счет совершенствования всего комплекса механизмов, ответственных за адаптацию. Применение чрезмерных на-

грузок, превышающих индивидуальные адапционные возможности человека, требующих чрезмерной мобилизации структурных и функциональных ресурсов органов и систем организма, приводит к переадаптации, проявляющейся в истощении и изнашивании структур, несущих основную нагрузку [24, 56].

Применительно к адаптации сердца рационально спланированные нагрузки приводят к умеренной гипертрофии миокарда, увеличению мощности его адренергической иннервации, количества коронарных капилляров, повышению концентрации миоглобина и активности ферментов, ответственных за транспорт субстратов к митохондриям и др. При чрезмерной нагрузке на сердце, требующей излишне длительной компенсаторной гиперфункции, возникает несбалансированная адаптация, при которой масса сердца возрастает в значительно большей мере, чем функциональные возможности структур, ответственных за нервную регуляцию и энергообеспечение. Возникающее при этом снижение возможностей миокарда может определенное время компенсироваться увеличением его массы, но затем, как правило, становится причиной недостаточности сердца, что следует рассматривать как его переадаптацию [17].

Чрезмерные нагрузки на скелетные мышцы могут привести к мышечным повреждениям, в результате чего снижается работоспособность, ухудшается протекание срочных и долговременных восстановительных и адапционных реакций. В поврежденной мышечной ткани отмечается снижение запасов гликогена вследствие нарушения процессов его ресинтеза, нарушаются процессы белкового синтеза, снижается устойчивость к воздействию бактерий и вирусов, что повышает восприимчивость организма спортсменов к инфекциям [19].

Чрезмерные физические нагрузки могут вызвать нарушение гормонального баланса, что приводит к снижению работоспособности, нарушению восстановительных и адапционных реакций, развитию патологических процессов. Чрезмерные нагрузки у женщин, например, часто связаны с нарушением менструальной функции, развитием остеопороза, увеличением риска усталостных переломов. Такие нагрузки способствуют увеличению уровня кортизола – катаболического гормона и снижению тестостерона – анаболического гормона. Это

может привести к увеличению белкового катаболизма внутри мышечных клеток, снижению объема мышечной массы и массы тела [2].

Чрезмерные нагрузки определенной направленности таят в себе две опасности: 1) возможность функционального истощения структур, доминирующих в адапционной реакции; 2) снижение структурного и соответственно функционального резерва других систем, которые непосредственно не участвуют в адапционной реакции [17, 26].

Чрезмерные физические нагрузки могут иметь для организма отрицательные последствия, которые проявляются, во-первых, в прямом изнашивании функциональной системы, особенно ее звеньев, несущих основную нагрузку; во-вторых, в явлениях отрицательной перекрестной адаптации, т. е. в нарушениях процессов и адапционных реакций, не связанных с физической нагрузкой [16, 35, 71].

Известно, что при однократном, ограниченном во времени стрессовом воздействии вслед за катаболической фазой реализуется противоположная – анаболическая, которая проявляется генерализованной активацией синтеза белков. Эта активация потенцирует формирование эффективной долговременной адаптации. При частом возникновении стресс-реакции, связанной с применением нагрузок, превышающих индивидуальные адапционные возможности человека, формирование долговременной адаптации может не осуществляться. Излишняя мобилизация структурных и энергетических ресурсов организма при отсутствии адекватного уровня функциональной системы, где эти ресурсы могут быть использованы, приводит к их утрате и истощению, типичному для затянувшегося стресса [19, 22].

Чрезмерные, нерационально спланированные физические нагрузки могут стать причиной появления некроза как в мышцах, так и в миокарде. При непомерных нагрузках наблюдалось утолщение и затвердение мышечных волокон, их склонность к образованию трещин на измененных участках, возникновение межклеточных и внутриклеточных отеков и др. [20, 47]. Чрезмерные нагрузки могут привести к патологической гипертрофии миокарда, развитию в нем дистрофических и склеротических изменений, нарушению обмена веществ, нейрогуморальной регуляции [3]. Острое физическое перенапряжение может также привести к

кровоизлиянию в сердечную мышцу, в частности к острому инфаркту миокарда с развитием недостаточности сердца, дистрофии миокарда [8]. Есть убедительные факты, свидетельствующие о том, что спортсмены высокого класса, хорошо адаптированные к нагрузкам на выносливость, подвергаются риску внезапной смерти от остановки сердца во время и сразу после предельных физических нагрузок в большей мере, чем люди, не занимающиеся спортом [58].

Функциональная система, длительно подвергавшаяся нагрузкам, стимулирующим формирование адаптационных реакций, может изнашиваться в результате истощения детерминированных способностей к приспособительным изменениям, а также локального старения перегружаемых звеньев системы. В основе изнашивания функциональной системы – нарушение закономерностей формирования долговременной адаптации: чрезмерные, часто повторяющиеся однонаправленные нагрузки, свидетельствующие о длительном, постоянно действующем стрессе; частое чередование явлений адаптации и деадаптации, связанное с нерациональным чередованием периода нагрузок с периодом их отсутствия; чрезмерное использование нагрузок, приводящих к адаптации функциональной системы преимущественно за счет гипертрофии органов, а не за счет эффективности их функционирования при умеренной гипертрофии; нарушение баланса между тренировочными и соревновательными нагрузками, с одной стороны, и восстановлением и эффективным протеканием адаптационных реакций – с другой.

С осторожностью должны планироваться упражнения смешанного аэробно-анаэробного характера и преимущественно анаэробного лактатного характера, так как их избыточный объем может достаточно быстро вызвать явление переадаптации. Такие упражнения сопровождаются интенсивным истощением запасов гликогена мышц, накоплением большого количества продуктов промежуточного обмена, тяжелым утомлением, что может оказать отрицательное влияние на скоростные и скоростно-силовые возможности спортсмена, нейрорегуляторные и психологические способности к управлению двигательной деятельностью [25, 67].

Преимущественное кровоснабжение мышц за счет других органов может привести к серьезным отрицательным по-

следствиям. Следует напомнить, что в тренировке современных спортсменов, специализирующихся в видах спорта, связанных с проявлением выносливости, ежедневный объем работы аэробной и смешанной анаэробно-аэробной направленности может достигать 4–5 ч. Работа в таком режиме, как известно, может продолжаться в течение многих недель. Таким образом, в среднем около 20 % времени суток многие органы спортсмена испытывают недостаток кровоснабжения. Такая тренировка, приводя к резкому приросту возможностей аэробной системы энергообеспечения, одновременно нередко приводит к уменьшению массы и количества клеток в печени, почках и надпочечниках, отрицательно сказывается на проявлениях высшей нервной деятельности – нарушаются процессы выработки, фиксации и воспроизведения временных связей. Наблюдаются также случаи нарушения функции пищеварения в виде спазма пищевода, желудка, кишок, язвенных поражений и др. [27, 44].

Основными симптомами переадаптации являются: снижение спортивных результатов и работоспособности в тренировочных занятиях, общее чувство усталости, депрессия, раздражительность, нарушение сна, повышение ЧСС и замедленное восстановление при стандартных нагрузках, потеря аппетита и снижение массы тела, снижение иммунитета. Нормализация состояния спортсмена в случае переадаптации требует комплекса реабилитационно-восстановительных мероприятий, изменения образа жизни, кардинального изменения тренировочного процесса и обычно не может быть осуществлена менее чем за месяц [21]. Предупредить эти отрицательные явления можно рациональным планированием нагрузок в микро- и мезоциклах, а также в более крупных структурных образованиях тренировочного процесса, сбалансированностью нагрузок с питанием и восстановительными процедурами. Таким образом, состояние переадаптации теснейшим образом связано с развитием перетренированности.

ДЕАДАПТАЦИЯ И РЕАДАПТАЦИЯ

Прекращение тренировки или использование низких нагрузок, не позволяющих обеспечить поддержание достигнутого уровня приспособительных изменений, приводит к деадаптации – процессу, обратному адаптации. Например, если тренировка прекра-

тилась или нагрузки были снижены значительно ниже уровня, способного обеспечить поддержание достигнутых показателей функциональных возможностей сердца, то постепенно уменьшаются синтез белка и масса желудочков, ослабляется нервная регуляция, снижается энергообеспечение и др. В результате нарушается оптимальный режим биосинтеза и функционирования ключевых структур сердца, обеспечивающих утилизацию АТФ в миофибриллах и ее ресинтез в митохондриях. Подобные механизмы деадаптации свойственны и другим органам и системам.

Вынужденный постельный режим резко интенсифицирует процесс деадаптации. Например, у хорошо тренированных спортсменов 9-дневный абсолютный постельный режим приводит к снижению $\dot{V}O_{2max}$ на 21 %, уменьшению объема сердца на 10 %, значительному возрастанию ЧСС, минутного объема дыхания и уровня лактата при стандартных нагрузках. В последующие 10 дней, после отмены постельного режима, в определенной мере нормализуется состояние организма, однако оно остается достоверно сниженным по отношению к исходному уровню. При 4–6-недельном постельном режиме происходит атрофия БС- и МС-волокон при одновременном снижении уровня миоглобина, активности оксидативных и гликолитических ферментов, содержания гликогена, уменьшении количества и величины митохондрий [30, 53].

К настоящему времени проведено большое количество исследований, посвященных изучению протекания процессов деадаптации в организме спортсменов после прекращения напряженной тренировки. Эти исследования привели во многом к неожиданным результатам, продемонстрировавшим исключительно быструю утрату компонентов подготовленности, относящихся к возможностям энергетических систем. Через 1–2 нед. после прекращения тренировки отмечается достоверное снижение мощности аэробной системы энергообеспечения, запасов гликогена в мышцах, систолического объема и сердечного выброса, порога анаэробного обмена и др. В течение 24 дней на 14–25 % уменьшается количество функционирующих капилляров, расположенных вокруг мышечного волокна [59, 75]; после 12-дневного пассивного отдыха на 11 % снижаются показатели максимального сердечного выброса, на 7 % – максимально-

го потребления кислорода [40]. Недельный пассивный отдых приводит к достоверному уменьшению диаметра мышечных волокон, особенно быстросокращающихся [72]. Через 4 нед. после прекращения тренировки мощность аэробной системы энергообеспечения снижается более чем на 10 %, запасы гликогена в мышцах – на 40 %, активность аэробных ферментов – на 40 %, объем крови – на 9 %, сердечный выброс – на 10 %, сила и мощность – на 13 % и т. д. [39, 57].

Исследования показывают, что уровень адаптации, приобретенный в результате пятилетней тренировки на выносливость, может быть утрачен в течение 2–3 мес. детренировочного периода [39, 83]. Происходит существенное снижение работоспособности при выполнении программ тренировочных занятий, которое достигает 25–30 % [65]. Достоверно удлиняется период восстановления после выполнения комплексов упражнений в программах тренировочных занятий, а также после занятий с большими нагрузками. В частности, после занятий, направленных на повышение возможностей аэробной и анаэробной систем энергообеспечения, процесс восстановления может удлиниться на 6–24 ч [23].

Исследования, проведенные на квалифицированных пловцах [55], показали, что трехмесячный перерыв в тренировке приводит к снижению результата на 50-метровой дистанции в среднем на 0,80 с, а на 400-метровой – на 17,0 с. Снижение результатов сопровождалось уменьшением мощности работы при плавании на привязи на 12 %, а максимальных величин лактата – на 22 %. На восстановление утраченных возможностей потребовалось более 3 мес. работы. При этом наибольшего времени потребовало восстановление мощности гребковых движений.

Согласно данным Я. Олбрехта [67], увеличение количества митохондрий в мышечных волокнах квалифицированных спортсменов, явившееся следствием напряженной тренировки аэробного и аэробно-анаэробного характера, в значительной мере может быть устранено уже в течение 1 нед. после полного прекращения тренировки. На восстановление утраченного количества митохондрий после возобновления тренировки может потребоваться уже до 3–4 нед.

Таким образом, процесс реадaptации занимает значительно больше времени, чем процесс деадаптации, что может серьезно нарушить процесс планомерного спортив-

ного совершенствования, отрицательным образом сказаться на результатах спортсменов. В этой связи серьезной коррекции требуют устоявшиеся представления о возможности планирования в годичной подготовке продолжительного (до 1,5–2 мес.) переходного периода.

Следует отметить, что мощность работы при выполнении движений в процессе деадаптации снижается значительно быстрее по сравнению с силой соответствующих мышечных групп [39]. Среди комплекса возможных факторов, влияющих на быстрое снижение мощности движений после прекращения специальной тренировки, находится интенсивная деадаптация и в отношении подвижности в суставах. Уже через 2–4 нед. после прекращения упражнений, направленных на развитие подвижности в этих суставах, диапазон движений существенно уменьшается [63].

Спортсмены высшей квалификации, тренировочный процесс которых отличается большими нагрузками, следствием чего является исключительно высокий уровень адаптационных реакций, в значительной мере подвержены деадаптации после прекращения напряженной тренировки по сравнению с менее квалифицированными и подготовленными спортсменами. Это исключает перерывы в тренировочной работе, превышающие 1 нед. после каждого макроцикла и 2 нед. – после года подготовки. Даже при таких перерывах в подготовке не следует прибегать к исключительно пассивному отдыху, а следует провести 2–3 одночасовых занятия в течение недели, направленных на поддержание компонентов подготовленности, в наибольшей мере подверженных деадаптации [24].

Лишение скелетных мышц полноценной физической нагрузки приводит к серьезным изменениям в мышечной ткани. При этом чем адаптированнее мышечная ткань к физическим нагрузкам, тем интенсивнее протекает процесс деадаптации. Уже на 3–4-й день постельного режима происходит заметное уменьшение массы наиболее активных мышц. Имобилизация нижних конечностей вследствие переломов приводит к уменьшению площади поперечного сечения мышц на 40–50 %, 5–6-недельная имобилизация здоровых мышц может привести к уменьшению площади их поперечного сечения на 20–30 %. Атрофия мышечных волокон, обусловленная отсутствием или недостаточной двигательной активностью,

касается всех типов мышечных волокон [13]. Атрофия мышечной ткани вследствие имобилизации приводит к резкому снижению максимальной силы. Важно отметить, что мышечная сила снижается в большей мере, чем атрофируется мышечная ткань. Это происходит вследствие снижения возможностей нервной системы рекрутировать двигательные единицы, в том числе и дегенеративных изменений в нервно-мышечных соединениях [73]. Происходят и другие негативные изменения: снижается концентрация белков в мышечной ткани, уменьшается концентрация гликолитических и окислительных ферментов, отдельные мышечные волокна подвергаются некрозу [13]. Все эти негативные последствия длительного неиспользования мышечной ткани могут быть устранены в процессе реабилитации и реадaptации лишь частично.

Примерно так же протекает процесс деадаптации и в системах энергообеспечения. Однако важнейшие параметры аэробной системы энергообеспечения подвержены деадаптации в более короткие сроки по сравнению с основными показателями, отражающими возможности анаэробной системы. Уже через 2–4 нед. после прекращения напряженной тренировки систолический объем снижается на 10–15 %. В течение этого периода наблюдается резкое падение активности окислительных ферментов [82]. Снижение активности этих ферментов на 50 % и более не сопровождается уменьшением активности гликолитических ферментов [40, 52]. В результате уже через 4 нед. деадаптации сохранение работоспособности при выполнении стандартной работы смешанного аэробно-анаэробного характера связано с существенным увеличением доли ее анаэробного обеспечения.

Увеличение или уменьшение капилляризации в процессе как адаптации, так и деадаптации требует значительно большего времени по сравнению с метаболической адаптацией и деадаптацией. Специальные исследования показывают, что явно выраженные изменения капиллярной сети, явившиеся следствием тренировки, наблюдаются еще в течение нескольких месяцев после ее прекращения [51]. В то же время локальная выносливость скелетных мышц, опирающаяся на их митохондриальную способность, может быть утрачена в течение 2–3 нед. после прекращения непрерывной тренировки [19, 79].

Более высокая устойчивость адаптационных изменений в коре большого мозга по сравнению со следами более простых адаптационных реакций проявляется, в частности, в том, что в процессе деадаптации после полного прекращения физических нагрузок аэробные возможности организма и связанная с ними выносливость к длительной работе угасают относительно быстро. Специальные двигательные навыки сохраняются длительное время и могут быть успешно продемонстрированы детренированным человеком. Повышенные в результате тренировки величины максимального потребления кислорода снижаются значительно медленнее, чем активность оксидативных ферментов, которая может снизиться уже через 1–2 нед. после прекращения тренировки, а через несколько недель вернуться к исходному уровню [77]. В свою очередь эти ферменты обладают способностью к быстрому восстановлению активности при возобновлении тренировки [70]. Связано это с тем, что ферменты, как и другие белковые молекулы, отличаются ограниченной продолжительностью существования. Они образуются и расщепляются в непрерывном цикле, в котором биологический период полураспада большинства митохондриальных ферментов – около 1 нед., а гликолитических – от одного до нескольких дней [48, 78]. Соответственно клеточное содержание определенного фермента является результатом взаимодействия процессов синтеза и распада [51].

Важным является и то, что деадаптация протекает неравномерно: в первые недели после прекращения тренировки наблюдается значительное снижение функционального резерва адаптированной системы, в дальнейшем процесс деадаптации замедляется. В скрытом виде адаптационные реакции сохраняются длительное время и служат основой для восстановления утраченного уровня адаптации при возобновлении тренировки после длительного перерыва по

сравнению со временем, затраченным на первоначальное формирование адаптации [27]. Важно учитывать и то, что чем быстрее формируется адаптация, тем сложнее удерживается достигнутый уровень и тем быстрее она утрачивается после прекращения тренировки [13, 57]. В частности, период угасания силы после прекращения тренировки прямо связан с продолжительностью формирования адаптации (рис. 3): чем интенсивнее и кратковременнее была тренировка, направленная на развитие силы, тем быстротечнее период ее угасания при прекращении регулярных занятий.

Эта закономерность проявляется и при рассмотрении эффективности методик развития различных физических качеств, а также подготовленности спортсмена в целом и может быть связана с различными элементами структуры тренировочного процесса – этапами многолетней подготовки, макроциклами, периодами и др. Подтверждением этого применительно к многолетней подготовке является множество случаев, когда скачкообразный прирост нагрузки (в 2–3 раза в течение года), реализованный юными спортсменами, позволил им в короткие сроки достичь исключительно высоких адаптационных перестроек, показать выдающиеся результаты в крупнейших соревнованиях и одновременно не позволил удержать приобретенный уровень адаптации длительное время, резко сократил период их выступления на уровне высших достижений. В то же время у спортсменов, которые равномерно на протяжении многих лет повышали нагрузку, отмечалось планомерное возрастание функциональных возможностей. На достижение уровня адаптации, необходимой для успешной соревновательной деятельности в крупнейших соревнованиях, им требовалось значительно больше времени. Однако именно эти спортсмены оказались способными выступать на уровне высших достижений длительное время [24].

Частое чередование процессов адаптации и деадаптации приводит к чрезмерной эксплуатации генетически детерминированных способностей к формированию эффективных приспособительных изменений в организме. Следует помнить, что поддержание структурных основ адаптации с помощью умеренных физических нагрузок несоизмеримо благоприятнее, чем многократное повторение циклов «деадаптация – реадаптация». Многократная активация биосинтеза, необходимая для многократного восстановления утраченного уровня адаптации, может привести к своеобразному локальному изнашиванию органов, входящих в систему, ответственную за адаптацию. Однако значительно чаще встречается другая крайность: продолжение длительной и напряженной тренировки при достижении спортсменом предельных индивидуально обусловленных границ адаптации к тренировочным воздействиям определенного типа. Особенно это проявляется в ежегодном планировании больших объемов работы аэробной и аэробно-анаэробной направленности в тренировке спортсменов, достигших околоредельных или предельных показателей аэробных возможностей. При этом у них нарушаются генетически регулируемые процессы биосинтеза, происходит атрофия ключевых структур, лимитирующих функцию клеток миокарда, и, наконец, возникает функциональная недостаточность сердца. Здесь же часто кроются причины отклонений в состоянии ЦНС, печени и других жизненно важных органов [16].

Анализ особенностей подготовки и соревновательной деятельности большой группы выдающихся спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, связанных с проявлением выносливости, показал, что в возрасте 21–23 лет они достигают максимальных индивидуальных границ мощности и емкости аэробной системы энергообеспечения вследствие исключительно больших объемов тренировочной работы соответствующей направленности. Дальнейшее увеличение или даже сохранение ранее достигнутых объемов тренировочной работы, не подкрепленное адаптационными ресурсами, не только не способствует увеличению возможностей аэробной системы энергообеспечения и росту спортивных достижений, но и с высокой вероятностью приводит к переадаптации и перетренировке, является серьез-

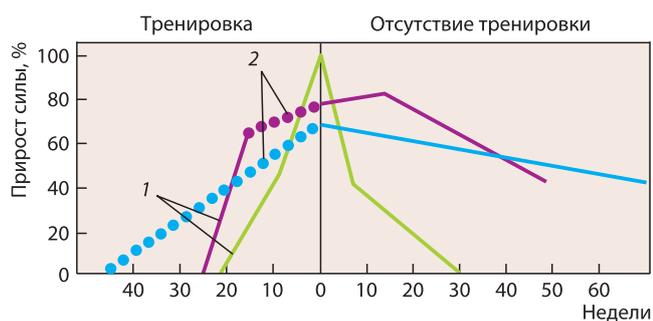


РИСУНОК 3 – Прирост максимальной силы и ее сохранения после прекращения тренировки в зависимости от частоты занятий: 1 – ежедневные занятия; 2 – занятия один раз в неделю [53]

ным риском для прекращения спортивной карьеры. В то же время снижение объемов работы до 60–70 % от ранее достигнутого при повышении качественных характеристик тренировочного процесса обеспе-

чивает сохранение достигнутого уровня аэробного потенциала, открывает возможности для поиска и использования скрытых резервов (экономичность, реактивность, подвижность и др.) как в отношении аэроб-

ной системы энергообеспечения, так и для совершенствования других компонентов подготовленности, а также, что особенно важно, является важнейшим фактором продления спортивной карьеры.

■ Литература

1. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин. — М.: Медицина, 1975. — 402 с.
2. Броуэр Л. Фармацевтическая и продовольственная мафия / Л. Броуэр. — К.: Изд. дом «Княгиня Ольга», 2002. — 278 с.
3. Бутченко Л. Сердце спортсмена / Л. Бутченко // Спорт в современ. обществе: сб. науч. материалов Всемир. науч. конгр. (М., ноябрь 1974 г.). — М.: Физкультура и спорт, 1974. — С. 192.
4. Виноградов М. И. Принципы центральной нервной регуляции рабочей деятельности / М. И. Виноградов // Рук. по физиологии труда. — М.: Медицина, 1983. — С. 23–34.
5. Виру А. А. Изменения белкового обмена в процессах адаптации / А. А. Виру // Физиол. пробл. адаптации. — Тарту: Минвуз СССР, 1987. — С. 13–18.
6. Гавердовский Ю. К. Обучение спортивным упражнениям: Биология. Методология. Дидактика / Ю. К. Гавердовский. — М.: Физкультура и спорт, 2007. — 911 с.
7. Давиденко Д. Н. Методологические подходы к исследованию функциональных резервов спортсменов / Д. Н. Давиденко // Физиол. пробл. адаптации. — Тарту: Минвуз СССР, 1984. — С. 118–119.
8. Дембо А. Г. Причины и профилактика отклонений в состоянии здоровья спортсмена / А. Г. Дембо. — М.: Физкультура и спорт, 1981. — 118 с.
9. Добрынская Н. В. Совершенствование специальной подготовленности спортсменов высокой квалификации в легкоатлетическом многоборье: дис. ... канд. наук по физ. воспитанию и спорту: 24.00.01 / Н. В. Добрынская; МОНУ, НУФВСУ. — К., 2015. — 226 с.
10. Зимкин Н. В. Физиологическая характеристика особенностей адаптации двигательного аппарата к разным видам деятельности / Н. В. Зимкин // IV Всесоюз. симпозиум по физиол. пробл. адаптации (Таллин, 1984). — Тарту: Минвуз СССР, 1984. — С. 73–76.
11. Казначеев В. П. Конституция, адаптация, здоровье / В. П. Казначеев // Физиол. пробл. адаптации. — Тарту: Минвуз СССР, 1984. — С. 27–31.
12. Косилов С. А. Функции двигательного аппарата и его рабочее применение / С. А. Косилов // Руководство по физиологии труда. — М.: Медицина, 1983. — С. 75–113.
13. Мак-Комас А. Дж. Скелетные мышцы / А. Дж. Мак-Комас. — К.: Олимп. лит., 2001. — 408 с.
14. Матвеев Л. П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов / Л. П. Матвеев. — К.: Олимп. лит., 1999. — 320 с.
15. Матвеев Л. П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты: учеб. для вузов физ. культуры / Л. П. Матвеев. — [5-е изд.]. — М.: Сов. спорт, 2010. — 340 с.
16. Меерсон Ф. З. Основные закономерности индивидуальной адаптации / Ф. З. Меерсон // Физиология адаптационных процессов. — М.: Наука, 1986. — С. 10–76.
17. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшеничникова. — М.: Медицина, 1988. — 256 с.
18. Мозжухин А. С. Характеристика функциональных резервов человека / А. С. Мозжухин // Прол. резерв. возможностей человека. — М.: Всесоюз. НИИ физ. культуры, 1982. — С. 43–50.
19. Мохан Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Р. Мохан, М. Гессон, П. Л. Гринхафф. — К.: Олимп. лит., 2001. — 296 с.
20. Нигг Б. М. Чрезмерные нагрузки и механизмы спортивных травм / Б. М. Нигг // Спортивные травмы. Основные принципы предупреждения и лечения. — К.: Олимп. лит., 2002. — С. 98–108.
21. Норрис С. Физиология / С. Норрис, Д. Смит // Спорт. медицина. — К.: Олимп. лит., 2003. — С. 252–264.
22. О'Брайен М. Профилактика перетренированности / М. О'Брайен // Спортивные травмы: основ. принципы профилактики и лечения. — К.: Олимп. лит., 2002. — С. 246–251.
23. Платонов В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: учеб. для студ. вузов физ. воспитания и спорта / В. Н. Платонов. — К.: Олимп. лит., 1997.
24. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое применение: учеб. для студ. вузов физ. воспитания и спорта / В. Н. Платонов. — К.: Олимп. лит., 2004. — 808 с.
25. Платонов В. Н. Спортивное плавание: путь к успеху: в 2 кн. / под ред. В. Н. Платонова. — М.: Сов. спорт, 2012. — Кн. 1. — 480 с.

■ References

1. Anokhin PK. The essays on physiology of functional systems. Moscow: Meditsina; 1975. 402 p.
2. Brower L. Pharmaceutical and food mafia. Kyiv: Publ. house «Kniaginia Olga»; 2002. 278 p.
3. Butchenko L. Athlete's heart. In: Sport in modern society. Proceedings of World scientific congress; November, 1974; Moscow. Moscow: Fizkultura i sport; 1974. 192 p.
4. Vinogradov MI. Principles of the central neural regulation of work activities. Guide to the physiology of labour. Moscow: Meditsina; 1983. p. 23–34.
5. Viru AA. Changes in protein metabolism in the processes of adaptation. Fisiol. probl. adaptation. Tartu: Minvuz SSSR; 1987. p. 13–18.
6. Gaverdovskii YuK. Teaching sports exercises: Biology. Methodology. Didactics. Moscow: Fizkultura i sport; 2007. 911 p.
7. Davidenko DN. Methodological approaches to the study of the functional reserve of athletes. Physiol. issues of adaptation. Tartu: Minvuz SSSR; 1984. p. 118–119.
8. Dembo AG. Causes and prevention of health deviations in an athlete. Moscow: Fizkultura i sport; 1981. 118 p.
9. Dobrynskaia NV. Improvement of the special preparedness of elite female athletes in combined events [dissertation]. Kyiv: NUPESU; 2015. 226 p.
10. Zimkin NV. Physiological characterization of specifics of the locomotor apparatus adaptation to various activities. In: IV All-union symposium on physiological issues of adaptation; 1984; Tallinn. Tartu: Minvuz SSSR; 1984. p. 73–76.
11. Kaznacheiev VP. Body constitution, adaptation, health. Physiol. issues of adaptation. Tartu: Minvuz SSSR; 1984. p. 27–31.
12. Kosilov SA. Function of motor apparatus and its practical application. Guide to the physiology of labour. Moscow: Meditsina; 1983. p. 75–113.
13. Mc-Comas AJ. Skeletal muscles. Kyiv: Olympic literature; 2001. 408 p.
14. Matveyev LP. Foundations of the general theory of sport and the system of training athletes. Kyiv: Olympic literature; 1999. 320 p.
15. Matveyev LP. General theory of sport and its applied aspects: study guide for high educational institutions of physical education. 5th ed. Moscow: Sovetskii sport; 2010. 340 p.
16. Meyerson FZ. The main regularities of individual adaptation. Physiology of adaptation processes. Moscow: Nauka; 1986. p. 10–76.
17. Meyerson FZ, Pshennikova MG. Adaptation to stress situations and to physical loads. Moscow: Meditsina; 1988. 256 p.
18. Mozhukhin AS. Characterization of human functional reserves. Issues of reserve human capabilities. Moscow: All-Union research institute of physical culture; 1982. p. 43–50.
19. Maughan R, Gleeson M, Greenhaff PL. Biochemistry of muscle activity and physical exercise. Kyiv: Olympic literature; 2001. 296 p.
20. Nigg BM. Overloads and mechanisms of sports injuries. Sports injuries. The basic principles of prevention and treatment. Kyiv: Olympic literature; 2002. p. 98–108.
21. Norris S, Smith D. Physiology. Sports medicine. Kyiv: Olympic literature; 2003. p. 252–264.
22. O'Brien M. Prevention of overtraining. Sports injuries: the basic principles of prevention and treatment. Kyiv: Olympic literature; 2002. p. 246–251.
23. Platonov VN. General theory for preparing athletes in Olympic sport. textbook for students of high educational institutions of physical education and sport. Kyiv: Olympic literature; 1997.
24. Platonov VN. The system for preparing athletes in Olympic sport. General theory and its practical applications: textbook for students of high educational institutions of physical education and sport. Kyiv: Olympic literature; 2004. 808 p.
25. Platonov VN, editor. Sports swimming: a way to success. in 2 vols. Moscow: Sovetskii sport; 2012. Vol. 1; 480 p.
26. Platonov VN. The system for preparing athletes in Olympic sport. General theory and its practical applications: textbook for coaches. in 2 vols. Kyiv: Olympic literature; 2015. Vol. 2; 752 p.
27. Pshennikova MG. Adaptation to physical loads. Physiology of adaptation processes. Moscow: Nauka; 1986. p. 124–221.
28. Selye H. Essays on adaptation syndrome. Moscow: Meditsina; 1960. 254 p.

26. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения : учебник [для тренеров] : в 2 кн. / В. Н. Платонов. — К.: Олимп. лит., 2015. — Кн. 2.— 752 с.
27. Пшенникова М. Г. Адаптация к физическим нагрузкам / М. Г. Пшенникова // Физиология адапт. процессов. — М.: Наука, 1986. — С. 124—221.
28. Селье Г. Очерки адаптационного синдрома / Г. Селье. — М.: Медицина, 1960. — 254 с.
29. Селье Г. Стресс без дистресса / Г. Селье. — М.: Прогресс, 1982. — 126 с.
30. Сили Р. Р. Анатомия и физиология: в 2 кн. / Р. Р. Сили, Т. Д. Стивенс, Ф. Тейт; пер. с англ. Г. Гончаренко. — К.: Олимп. лит., 2007. — 662 с.
31. Сологуб Е. Б. Центральные механизмы адаптации к предельным физическим нагрузкам / Е. Б. Сологуб // Физиологические проблемы адаптации. — Тарту: Минвуз СССР, 1984. — С. 98—99.
32. Солодков А. С. Адаптивные морфофункциональные перестройки в организме спортсменов / А. С. Солодков, Ф. В. Судзиловский // Теория и практика физ. культуры. — 1996. — № 7. — С. 23—39.
33. Ухтомский А. А. Доминанта / А. А. Ухтомский. — СПб.: Питер, 2002. — 448 с.
34. Фомин Н. А. Адаптация: общебиологические и психофизиологические основы / Н. А. Фомин. — М.: Теория и практика физ. культуры. — 2003. — 383 с.
35. Щегольков А. Н. Морфофункциональные признаки рациональной и нерациональной адаптации мышц и сердца к высокому тренировочным нагрузкам / А. Н. Щегольков, А. А. Приймаков, А. А. Пилашевич // Современный олимпийский спорт. — К.: Олимп. лит., 1993. — С. 277—279.
36. Энока Р. М. Основы кинезиологии / Р. М. Энока. — К.: Олимп. лит., 2000. — 400 с.
37. Askew E. W. Adipose tissue cellularity and lipolysis / E. W. Askew, R. L. Huslon, C. C. Plopper, A. L. Keefer // J. Clin. Invest. — 1975. — Vol. 56. — P. 521—529.
38. Åstrand P.-O. Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise / P.-O. Åstrand, K. Rodahl. — New York, St. Louis: McGraw-Hill, 1986. — 682 p.
39. Costill D. L. Effects of reduced training on muscular power in swimmers / D. L. Costill, D. S. King, R. Thomas, M. Hargreaves // Physician and Sportsmedicine. — 1985. — N 13. — P. 94—101.
40. Coyle E. F. Cardiovascular and metabolic rates of detraining / E. F. Coyle, W. N. Martin, J. O. Hollosy // Med. Sci. Sports Exerc. — Vol. 15. — 1983. — P. 158.
41. De Vries H. A. Physiology of Exercise / H. A. De Vries, T. I. Housh. — Madison Wisconsin: WCB Brown and Benchmark Publ., 1994. — 636 p.
42. DeWeese B. H. Program Design Technique for Speed and Agility Training / B. H. DeWeese, S. Nimphius // Essentials of Strength Training and Conditioning. — Champaign: Human Kinetics, 2016. — P. 521—558.
43. Fleck S. Designing resistance training programs / S. Fleck, W. Kraemer. — [3rd ed.]. — Champaign, IL: Human Kinetics, 2004. — 375 p.
44. Fox E. L. The Physiological basis for Exercise and Sport / E. L. Fox, R. W. Bower, M. L. Foss. — Madison, Dubuque: Brown and Denchmark, 1993. — 710 p.
45. Gamble P. Metabolic conditioning development in youths / P. Gamble // Strength and conditioning for young athletes: science and application / ed. by R. S. Lloyd, J. L. Oliver. — London, New-York: Routledge, 2014. — P. 120—131.
46. Green H. J. What is the physiological significance of training-induced adaptations in muscle mitochondrial capacity? / H. J. Green // Biochemistry of Exercise / ed. by R. J. Maughan, S. M. Shirreffs. — Champaign, IL: Human Kinetics. — 1996. — Vol. 9. — P. 345—359.
47. Groher W. Überbeweglichkeit als Auslesefaktor im Sport / W. Groher // Leistungssport. — 1979. — N 4. — P. 244.
48. Hargreaves M. Skeletal Muscle Carbohydrate Metabolism During Exercise / M. Hargreaves // Exercise Metabolism. — Human Kinetics, 1999. — P. 41—72.
49. Hartley L. H. Cardiac function and endurance / L. H. Hartley // Endurance in Sport. — Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992. — P. 72—79.
50. Heiss H. W. Durchblutung und Substratumsatz gesunden menschlichen Herzens in Abhängigkeit vom Trainingszustand / H. W. Heiss, I. Barmeyer, K. Wink [et al.] // Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. — 1975. — Bd. 41. — S. 247—252.
51. Henriksson J. Metabolism in the Contracting Skeletal Muscle / J. Henriksson // Endurance in Sport. — Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992. — P. 226—243.
52. Hoffman J. Physiological Aspects of Sport Training and Performance / J. Hoffman. — Human Kinetics, 2002. — 343 p.
53. Hollmann W. Sportmedizin Arbeit- und Trainingsgrundlagen / W. Hollmann, T. Hettinger. — Stuttgart; New York, 1980. — 773 s.
54. Hottenrott K. Trainingswissenschaft: Ein Lehrbuch in 14 Lektionen / K. Hottenrott, G. Neumann. — Meyer & Meyer Verlag, 2010. — 343 s.
55. Hsu K. M. The effects of detraining and retraining on swimming propulsive force and blood lactate / K. M. Hsu, T. G. Hsu // Med. and Sci. in Sports and Exercise. — 1999. — 31 (Supplement 5): Abstract № 1400.
56. Hume P. Overuse injuries and injury prevention strategies for youths / P. Hume, K. Russell // Strength and conditioning for young athletes: science and application / ed. by R. S. Lloyd, J. L. Oliver. — London, New-York: Routledge, 2014. — P. 200—212.
57. Selye H. Stress without distress. Moscow: Progress; 1982. 126 p.
30. Seeley RR, Stephens TD, Tate P. Anatomy and Physiology. in 2 vols. Kyiv: Olympic literature; 2007. 662 p.
31. Sologub EB. Central mechanisms of adaptation to extreme physical loads. Physiological issues of adaptation. Tartu: Minvuz SSSR; 1984. p. 98—99.
32. Solodkov AS, Sudzilovskiy FB. Adaptive morphofunctional rearrangements in the athlete's body. Theory and practice of physical culture. 1996;7:23—39.
33. Ukhtomskii AA. Dominanta. St. Petersburg: Piter; 2002. 448 p.
34. Fomin NA. Adaptation: general biological and physiological fundamentals. M.: Theory and practice of physical culture; 2003. 383 p.
35. Schegolkov AN, Priymakov AA, Pilashevich AA. Morphofunctional signs of rational and irrational adaptation of the muscles and the heart to high training loads. Modern Olympic sport. Kyiv: Olympic literature; 1993. p. 277—279.
36. Enoka RM. Basics of kinesiology. Kyiv: Olympic literature; 2000. 400 p.
37. Askew EW, Huslon RL, Plopper CC, Keefer AL. Adipose tissue cellularity and lipolysis. J. Clin. Invest. 1975;56:521—529.
38. Åstrand P-O, Rodahl K. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. New York. St. Louis: McGraw-Hill; 1986. 682 p.
39. Costill D, King D, Thomas R, Hargreaves M. Effects of Reduced Training on Muscular Power in Swimmers. The Physician and Sportsmedicine. 1985;13(2):94—101.
40. Coyle E, Martin W, Holloszy J. Cardiovascular and metabolic rates of detraining. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1983;15(2):158.
41. De Vries HA, Housh TI. Physiology of exercise. Madison Wisconsin: WCB Brown and Benchmark Publ; 1994. 636 p.
42. DeWeese BH, Nimphius S. Program design technique for speed and agility training. Essentials of Strength Training and Conditioning. Champaign: Human Kinetics; 2016. p. 521-558.
43. Fleck S, Kraemer W. Designing resistance training programs. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004. 375 p.
44. Fox EL, Bower RW, Foss ML. The physiological basis for exercise and sport. Madison, Dubuque: Brown and Denchmark; 1993. 710 p.
45. Gamble P. Metabolic conditioning development in youths. In: Lloyd RS, Oliver JL, ed. by. Strength and conditioning for young athletes: science and application. London, New-York: Routledge; 2014. p. 120-131.
46. Green HJ. What is the physiological significance of training-induced adaptations in muscle mitochondrial capacity? In: Maughan RJ, Shirreffs SM, ed. by. Biochemistry of Exercise. Champaign, IL: Human Kinetics; 1996. Vol. IX; p. 345—359.
47. Groher W. Überbeweglichkeit als Auslesefaktor im Sport. Leistungssport. 1979;4:244.
48. Hargreaves M. Skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise. Exercise Metabolism. Human Kinetics; 1999. p. 41—72.
49. Hartley LH. Cardiac function and endurance. Endurance in Sport. Oxford: Blackwell Sci. Publ.; 1992. p. 72—79.
50. Heiss HW, Barmeyer I, Wink K, et al. Durchblutung und Substratumsatz gesunden menschlichen Herzens in Abhängigkeit vom Trainingszustand. Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 1975;41:247—252.
51. Henriksson J. Metabolism in the contracting skeletal muscle. Endurance in Sport. Oxford: Blackwell Sci. Publ.; 1992. p. 226—243.
52. Hoffman J. Physiological aspects of sport training and performance. Human Kinetics; 2002. 343 p.
53. Hollmann W, Hettinger T. Sportmedizin Arbeit- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart; New York; 1980. 773 s.
54. Hottenrott K, Neumann G. Trainingswissenschaft: Ein Lehrbuch in 14 Lektionen. Meyer & Meyer Verlag; 2010. 343 s.
55. Hsu K, Hsu T. The effects of detraining and retraining on swimming propulsive force and blood lactate. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1999;31(Supplement):S284.
56. Hume P, Russell K. Overuse injuries and injury prevention strategies for youths. In: Lloyd RS, Oliver JL, ed. by. Strength and conditioning for young athletes: science and application. London, New-York: Routledge; 2014. p. 200-212.
57. Kenney LW, Wilmore JH, Costill DL. Physiology of Sport and Exercise. Champaign: Human Kinetics; 2012. 621 p.
58. Keren G, Shoenfeld S. Sudden death and physical exertion. J. Sports Med. 1981;21(1):90-93.
59. Klausen K, Andersen ZB. Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining. Acta Physiol Scand; 1981. Vol. 113; p. 9-16.
60. Kraemer WJ, Fleck SJ. Optimizing strength training: Designing nonlinear periodization workouts. Champaign, IL: Human Kinetics; 2007. 245 p.
61. Lloyd D, Aon M, Cortassa S. Why Homeodynamics, Not Homeostasis?. The Scientific World journal. 2001;1:133-145.

57. Kenney L. W. Physiology of sport and exercise / L. W. Kenney, J. H. Wilmore, D. L. Costill. — Champaign: Human Kinetics, 2012. — 621 p.
58. Keren G. Sudden death and physical exertion / G. Keren, S. Shoenfeld // J. Sports Med. — 1981. — Vol. 21, N 1. — P. 90–93.
59. Klausen K. Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining / K. Klausen, Z. B. Andersen // Acta Physiol Scand. — 1981. — Vol. 113. — P. 9–16.
60. Kraemer W. J. Optimizing strength training: Designing nonlinear periodization workouts / W. J. Kraemer, S. J. Fleck. — Champaign, IL: Human Kinetics, 2007. — 245 p.
61. Lloyd D. Why homeodynamics, not homeostasis? / D. Lloyd, M. A. Aon, S. Cortassa // Scientific World Journal. — 2001. — № 1. — P. 133–145.
62. Lu Xu. On the Structure of Movement Preparation: Inferences from Motor Schema Theory / Lu Xu, W. Sommer, H. Masaki // Sports Performance. — Tokyo: Springer, 2015. — P. 59–66.
63. Maglischo E. W. Swimming Fastest / E. W. Maglischo. — [3rd ed.] — Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers, 2003. — 800 p.
64. Matos N. Prevalence of non-functional overreaching/overtraining in young English athletes / N. Matos, R. J. Winsley, C. A. Williams // Medicine and Science in Sports and Exercise. — 2011. — Vol. 43. — P. 1287–1294.
65. McArdle W. D. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance / W. D. McArdle, F. I. Katch, V. L. Katch. — Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.
66. Mujika I. Tapering and peaking for optimal performance / I. Mujika. — Human Kinetics, 2009. — 209 p.
67. Olbrecht J. Plannen, periodiseren, trainen bijsturen en winnen: handbook voor modern zweustraining / J. Olbrecht. — Antwerpen: F&G Partners, 2007. — 239 p.
68. Pelliccia A. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes / A. Pelliccia, B. J. Maron, A. Spataro et al. // New England J. of Medicine. — 1991. — Vol. 324. — P. 295–301.
69. Peltenburg A. Sex hormone profiles of premenarcheal athletes / A. Peltenburg, W. Erich, J. Thijssen // Eur. J. Appl. Physiol. — 1984. — Vol. 52. — P. 385–392.
70. Pette D. Activity-induced fast to slow transitions in mammalian muscle / D. Pette // Med. Sci. Sports Exerc. — 1984. — Vol. 16, N 6. — P. 517–528.
71. Richardson S. O. Overtraining athletes: personal journeys in sport / S. O. Richardson, M. B. Andersen, T. Morris. — Champaign, IL: Human Kinetics, 2008. — 205 p.
72. Riley D. A. Thin filament diversity and physiology of fast and slow fiber types in astronaut leg muscle / D. A. Riley, J. L. Bain, J. L. Thompson et al. // J. Appl. Physiol. — 2002. — Vol. 92. — P. 817–825.
73. Roberts R. A. Effects of warm-up on muscle glycogenolysis during intense exercise / R. A. Roberts, D. D. Pascoe, D. L. Costill [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. — 1991. — № 23. — P. 37–43.
74. Rose B. Backstroke and Butterfly 200–Meter Training / B. Rose // The Swim Coaching Bible / by D. Hannula, N. Tronton. — Human Kinetics, 2001. — P. 283–296.
75. Saltin B. Functional adaptations to physical activity and inactivity / B. Saltin, L. B. Rowell // Fed. Proc. — 1980. — № 39. — P. 1506–1513.
76. Saltin B. Anaerobic capacity: past, present and prospective / B. Saltin // Biochem. exerc. Human Kinetic. — 1996. — № 7. — P. 387–412.
77. Schantz P. Adaptation of human skeletal muscle to endurance training of long duration / P. Schantz, P. Henriksson, E. Jansson // Clin. Physiol. — 1983. — № 3. — P. 141–151.
78. Spriet L. L. Anaerobic metabolism during high-intensity exercise / L. L. Spriet // Exercise metabolism. — Human Kinetics, 1999. — P. 1–40.
79. Svedenhag J. Endurance Conditioning / J. Svedenhag // Endurance in Sports. — Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992. — P. 290–299.
80. Tesch P. A. Muscle metabolite accumulation following maximal exercise / P. A. Tesch, J. Karlsson // Eur. J. Appl. Physiol. — 1984. — Vol. 52. — P. 243–246.
81. Williams C. A. Talent development / C. A. Williams, J. L. Oliver, R. S. Lloyd // Strength and conditioning for young athletes: science and application / ed. by R. S. Lloyd, J. L. Oliver. — London, New-York: Routledge, 2014. — P. 33–46.
82. Wilmore J. H. Physiology of sport and exercise / J. H. Wilmore, D. L. Costill. — Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004. — 726 p.
83. Wilmore J. H. Physiology of Sport and Exercise / J. H. Wilmore. — [4th ed.] / by J. Wilmore, D. Costill, W. L. Kenney. — Human Kinetics, 2009. — 529 p.
84. Winder W. W. Exercise-induced adaptive increase in rate of oxydation of beta-hydroxybutyrate by skeletal muscle / W. W. Winder, K. M. Baldwin, J. O. Hollosy // P.S.E.B.M. — 1973. — Vol. 143. — P. 753.
62. Lu Xu, Sommer W, Masaki H. On the Structure of movement preparation: Inferences from motor schema theory. Sports Performance. Tokyo: Springer, 2015. p. 59–66.
63. Maglischo EW. Swimming Fastest. 3rd ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers; 2003. 800 p.
64. Matos N, Winsley R, Williams C. Prevalence of Nonfunctional Overreaching/Overtraining in Young English Athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2011;43(7):1287–1294.
65. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996.
66. Mujika I. Tapering and peaking for optimal performance. Human Kinetics; 2009. 209 p.
67. Olbrecht J. Plannen, periodiseren, trainen bijsturen en winnen: handbook voor modern zweustraining. Antwerpen: F&G Partners; 2007. 239 p.
68. Pelliccia A, Maron B, Spataro A, Proschan M, Spirito P. The Upper Limit of Physiologic Cardiac Hypertrophy in Highly Trained Elite Athletes. New England Journal of Medicine. 1991;324(5):295–301.
69. Peltenburg A, Erich W, Thijssen J, Veeman W, Jansen M, Bernink M et al. Sex hormone profiles of premenarcheal athletes. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1984;52(4):385–392.
70. Pette D. Activity-induced fast to slow transitions in mammalian muscle. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1984;16(6):517–528.
71. Richardson SO, Andersen MB, Morris T. Overtraining athletes: personal journeys in sport. Champaign, IL: Human Kinetics; 2008. 205 p.
72. Riley D, Bain J, Thompson J, Fitts R, Widrick J, Trappe S et al. Thin filament diversity and physiological properties of fast and slow fiber types in astronaut leg muscles. Journal of Applied Physiology. 2002;92(2):817–825.
73. Robergs R, Pascoe D, Costill D, Fink W, Chwalbinska-Moneta J, Davis J et al. Effects of warm-up on muscle glycogenolysis during intense exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1991;23(1):37–43.
74. Rose B. Backstroke and Butterfly 200–Meter Training. In: Hannula D, Tronton N, ed. by. The Swim Coaching Bible. Human Kinetics; 2001. p. 283–296.
75. Saltin B, Rowell LB. Functional adaptations to physical activity and inactivity. Fed. Proc. 1980;39:1506–1513.
76. Saltin B. Anaerobic capacity: past, present and prospective. Biochem. exerc. Human Kinetic. 1996;7:387–412.
77. Schantz P, Henriksson J, Jansson E. Adaptation of human skeletal muscle to endurance training of long duration. Clinical Physiology. 1983;3(6):141–151.
78. Spriet LL. Anaerobic metabolism during high-intensity exercise. Exercise metabolism. Human Kinetics; 1999. p. 1–40.
79. Svedenhag J. Endurance conditioning. Endurance in Sports. Oxford: Blackwell Sci. Publ.; 1992. p. 290–299.
80. Tesch P, Karlsson J. Muscle metabolite accumulation following maximal exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1984;52(2):243–246.
81. Williams CA, Oliver JL, Lloyd RS. Talent development. In: Lloyd RS, Oliver JL, ed. by. Strength and conditioning for young athletes: science and application. London, New-York: Routledge; 2014. p. 33–46.
82. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2004. 726 p.
83. Wilmore JH, Costill D, Kenney WL. Physiology of sport and exercise. 4th ed. Human Kinetics; 2009. 529 p.
84. Winder WW, Baldwin KM, Hollosy JO. Exercise-induced adaptive increase in rate of oxydation of beta-hydroxybutyrate by skeletal muscle. P.S.E.B.M. 1973;143:753.