

СТРАТЕГИИ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ У СПОРТСМЕНОВ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ АДАПТАЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ В СПОРТЕ ВЫСОКИХ И ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

А.П. Исаев*, В.В. Рыбаков**, В.В. Эрлих*, В.Н. Потапов***,
Н.Ф. Полозкова****, Е.В. Иванов****

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск;

**Челябинский государственный университет, г. Челябинск;

***Тюменский государственный университет, г. Тюмень;

****Уральский государственный университет физической культуры,
г. Челябинск

Радикальное влияние на совершенствование концепции развития и системы спортивной подготовки оказывает бурно развивающаяся теория адаптации. На ее закономерностях, краеугольных положениях сформулированы и получают дальнейшее развитие методические принципы, технологические разработки оптимального построения процесса спортивной подготовки. Представлен огромный аналитический материал, приведены результаты собственных исследований, позволяющие внести ряд существенных уточнений в теорию и постановку проблемы. Впервые поставлен вопрос о возможности анализа массива данных проблемы адаптации с помощью суперкомпьютерных технологий.

Ключевые слова: фазы адаптации, белковый синтез, соединительно-тканная концепция адаптации, информация, саморегуляция, легочная вентиляция, газообмен, стратегии адаптации, фаза адаптации, отклонения от нормы, текущий адаптационный резерв, вентиляционный эквивалент, утомление, восстановление, человековедение, модификация.

В современном спорте различные системы организма функционируют в режиме околопредельных напряжений, что позволяет изучать особенности адаптации организма к экстремальным условиям. И именно на материале спорта накоплен значительный массив данных, который расширяет и углубляет фактологическую базу теории адаптации, приводит к выявлению новых закономерностей, выдвижению перспективных идей и гипотез [19, 20, 33, 40].

Необходимо отметить, что значительный исследовательский материал, положенный в основу установления и выражения многих системообразующих положений теории адаптации, получен при напряженной двигательной активности человека и животных в различных условиях внешней среды. Кроме того, околопредельная двигательная деятельность (ДД) в условиях оценки резервных возможностей и спортивных достижений рассматривается, изучается и используется как модель междисциплинарных антропомаксимологических исследований человека [26]. Это дает возможность разработать объективную концепцию резервных возможностей человека, а с другой – пересмотреть

и уточнить традиционно сложившиеся взгляды научных дисциплин, относящихся к сфере человековедения [21, 24]. Поставленная проблема при получении должного массива данных и использования суперкомпьютера позволит подойти к моделированию процессов адаптации интегративной деятельности организма спортсменов и отдельно к процессам, обеспечивающим спортивную результативность систем.

Следует подчеркнуть, что существенный, подчас эпохальный, вклад в науку состоит зачастую не в открытии нового факта или явления (фактов, относящихся к адаптации, накоплено огромное количество), а в способе их интерпретации. В этой ситуации задача заключается в выдвижении прогрессивных теорий, технологий, формулировке новых концепций для объяснения эмпирических наблюдений и исследовательских фактов на основе разрозненных и поэтому трудноанализируемых данных.

Развитие, в первую очередь прогрессивное, в том числе прогресс спортивной деятельности человека, реализуется через фазовый процесс адаптации. В последнее десятилетие данная проблема

приобрела существенное практическое значение и новые расширенные толкования. Адаптация превратилось в общенаучное понятие, которое используется представителями многих научных дисциплин и способствует синтезу знаний, относящихся к изучению различных объектов. Нет срочной адаптации, существуют реакции организма на текущие ситуации, а адаптация – процесс долговременный.

При определении адаптации следует учитывать, что она понимается и как процесс, и как результат, т. е.

1) используется для обозначения процесса, при котором организм не только приспосабливается к факторам внешней или внутренней среды, но и преобразует себя исходя из динамики этих процессов;

2) применяется для характеристики относительного равновесия и адаптивно-компенсаторной интеграции (устойчивое неравновесие по А.Е. Бауэру [7]), которые устанавливаются между организмом и средой.

Вместе с тем, несмотря на то, что в механизмах адаптации организма к различным факторам внешней среды установлены принципиально общие звенья и показано, что способность реагировать на экзогенные факторы и поддерживать постоянство внутренней среды являются филогенетически выработанным свойством [3, 5, 31, 43, 46], в толковании самого понятия «адаптация» нет единого мнения. Одни понимают увеличение и расширение психофизиологических возможностей организма, другие – различные адаптивно-компенсаторные изменения, необязательно связанные с повышением устойчивости целостного организма [31, 50], третьи с изменением чувствительности реакции в условиях воздействия стандартных средовых факторов [33]. Можно согласиться с мнением [31, 43], что отсутствие ясности в этой области сдерживает решение ряда прикладных вопросов, в частности таких, как адаптация к действию экстремальных факторов, управление процессом адаптации, использование предварительной адаптации для повышения устойчивости к воздействию чрезвычайных факторов. Исключительно важны представления о полярных вариантах (референтных границах) адаптации, которые направлены на выяснение роли различных адаптивных факторов в конкретной ситуации с учетом индивидуальной нормы реакции в формировании более и менее надежных форм адаптации [30, 46, 54, 60]. Сегодня говорят о референтных границах, так как определение нормы не получило единого звучания [20, 23, 25, 45, 57]. Однако адаптация в то же время конкретна и детерминирована факторами воздействия (нагрузка, гипоксия, влажность, температура, биоритмы) [47].

Выделяют генотипическую и фенотипическую адаптации (ФА). Именно генотипическая адаптация, лежащая в основе эволюции, является

предметом многочисленных исследований, проводящихся в последние десятилетия в самых различных областях практической и научной деятельности [5, 39, 40, 46]. Вот поэтому эта проблема универсальности процессов адаптации дискуссионна. Генетическая адаптация важна в практике спорта для оценки индикаторов отбора по перспективности и в сборные команды [43]. По существу, вопрос о процессе ФА заключается в том, каким образом потенциальные, генетически детерминированные возможности организма в ответ на требование среды преобразуются в реальные возможности [6].

Это представление о процессе ФА выглядит следующим образом. Воздействие внешней среды вызывает отклонение параметра объекта от референтных границ. Возникает информация, обратная связь, что, в конечном итоге, формирует замкнутые контуры и снижает чувствительность функциональной системы в конкретных условиях.

Движения системы, направленные на сохранение устойчивости, являются положительными сторонами процесса развития, а отклонения, которые призвана выбирать (уменьшать, исключать) система, можно назвать отрицательными сторонами этого процесса. Движущей силой развития являются целенаправленные векторные отношения – положительной и отрицательной сторон процесса развития [1]. Изучение ФА открывает большие возможности индивидуализации процесса подготовки [44], стили деятельности, специализации в одном виде спорта.

Определяющая роль отклонения отражена в «золотом правиле» саморегуляции – «само отклонение от нормы служит стимулом возвращения к норме» [3]. Можно полагать, что отклонение от нормы служит стимулом не только возвращения к исходной норме, но и к референтным границам более высокого уровня.

Современная спортивная наука располагает хорошо разработанной теорией управления тренировкой, включая методологию применения основного инструмента управления – комплексного диагностируемого контроля (КДК) [9, 15, 17, 20, 33, 40, 50].

Именно это обстоятельство обусловило необходимость исследования проблем адаптации и эффективности управления тренировкой на базе узкоспециализированных параметров КДК, характеризующих одну из сторон состояния подготовленности для данного вида спорта. Изложенная концепция ФА позволила предварительно выделить условные фазы этого процесса. Долговременная адаптация, на наш взгляд, реализуется через четыре фазы. Наиболее наглядно их наличие проявляется в процессе длительной работы [20, 40].

Первая поисковая фаза адаптации характеризуется мобилизацией предсуществовавших адаптационных процессов гиперфункции, или началом формирования функциональной системы (ФС),

ответственной за адаптацию. Эта структурно не обеспеченная гиперфункция, несмотря на свое совершенство позволяет организму «продержаться» до следующей фазы долговременной адаптации. В сфере поведения – это система расточительных и лишь иногда удачных ориентировочных реакций; в сфере приспособления к напряженной ДД – это фаза предельной активности легочной вентиляции, газообмена раннего закисления, низкого АНП, высокого минутного объема кровообращения, лакцедемии, близкой к критическому уровню, и т. д. Первая фаза связана с активизацией разнонаправленного функционирования различных компонентов функциональной системы, обеспечивающей выполнение заданной работы. Это отражает разное увеличение ЧСС, уровня вентиляции легких, потребление кислорода, накопление лактата в крови. Вторая фаза наступает, когда деятельность протекает при установлении относительного баланса основных параметров ее обеспечения в так называемом переходном состоянии. Переход в третью фазу характеризуется оптимизацией реактивности, снижением чувствительности к применяемым воздействиям, установлением баланса между запросом и его удовлетворением, синхронизацией анаболических и катаболических процессов, симватностью в регуляции ДД и навыков. В дистанционных видах спорта обеспечивается переход на энергообеспечение с использованием жировых и истощением углеводных ресурсов организма. Слишком частое предъявление организму спортсменом требований, связанных с переходом в четвертую фазу адаптации, может неблагоприятно повлиять на темпы формирования стабильной фазы адаптации, а также привести к отрицательным изменениям в состоянии различных клеток, органов и систем организма и уровней их регуляции. Каждая из указанных фаз адаптации связана с включением функциональных резервов соответствующего эшелона [34]. Первый из них мобилизуется при переходе от состояния относительного покоя к ДД, обеспечивающей работу до появления явлений компенсированного утомления, второй – при продолжении активности в условиях закисления и прогрессирующего утомления. Использование резервов второго эшелона связано с произвольным отказом от выполнения заданной работы в связи с истощением соответствующих физиологических и психофизиологических ресурсов. В условиях ДД, характерной для тренировочной и соревновательной деятельности, все резервы не используются, что дает основание для выделения третьего эшелона резервов, которые мобилизуются организмом лишь в борьбе за сохранение жизни [16, 34].

Вторая и третья фазы долговременной адаптации характеризуются активацией соединительно-тканной (СТ) структуры, синтезом нуклеиновых кислот и белков в клетках системы, специфически ответственной за адаптацию, постепенным

уменьшением чувствительности реагирования и наличием стресс-синдрома. В дальнейшем в большинстве случаев развивается устойчивая адаптация [32]. Фаза адаптации, биоритмы изменений, снижение чувствительности реакций на стандартные нагрузки четвертой фазы позволяют вносить коррективы в программирование временных значений микромезоциклов подготовки [33].

Поведение сложных систем, каким является организм человека, подвержено скачкообразным изменениям в связи с безграничностью механизма обратных связей. Рано или поздно наступает состояние, называемое срывом адаптации, и у спортсмена формируются новые связи (идут новые структурные преобразования) и интегральные фазовые характеристики устойчивой адаптации. В случае хронического утомления, с которым нельзя бороться, система может разрушаться и поэтому важны совокупные восстановительные мероприятия [13]. Если же система «задерживается» в равновесном состоянии, то сделать ее восприимчивой к экзогенным воздействиям возможно, изменив ее эндогенную структуру и скорректировав функциональные и метаболические звенья. Адаптация в спорте – фазовый долговременный процесс, обеспечивающий интеграцию и регуляцию звеньев и, таким образом, повышающий устойчивость организма к экзогенным воздействиям. Адаптация детерминирована следующими структурными свойствами:

– целостностью, когда результат внешних воздействий тренировочной нагрузки (ТН) на систему ограничен и не затрагивает ее структуры. Перейти в любое произвольное состояние система не способна без изменения структуры, но набор возможных состояний конечен;

– многоуровневой системой регуляции адаптивно-компенсаторных процессов, детерминированной интеграцией звеньев определенного иерархического уровня, нарушение которых не приводит к высокой спортивной результативности;

– наличием вектора структурно-функциональных изменений сложной структуры звеньев обратных связей, определенных в основные свойства системы, реализуемые функциональные состояния и метаболические свойства;

– минимизацией напряжения, экономичности, реализация принципа наименьшего сопротивления системного напряжения и порогов снижения чувствительности реакции при применении ТВ;

– реализацией принципа устойчивости в стабильной фазе адаптации к применяемым нагрузкам, надежностью ДД и использованием приоритетов генетического и гендерного свойства;

– использованием соединительных резервов адаптации при активации нейромоторных, нейродинамических, нейроэндокринных ресурсов и дискретностью перестроек функционально-метаболических состояний;

– применением технологий «локальной мышечной выносливости» с комплексом баллистиче-

ских ДД и последующих релаксационных, подразумеваемых рефлексии системообразующих действий и внутриклеточных изменений, зависящих от специфики ДД, специализаций, стиля деятельности, весовых категорий и гендерных особенностей спортсменов, что способствует сохранности в соревновательном периоде резервов кардиодинамики.

Устойчивая адаптация отражает кумулятивный эффект конкретного фактора воздействия при исчерпании текущего адаптационного резерва (ТАР) организма [10]. Под ТАР автор понимает запас адаптационной энергии, который обеспечивает организму возможность адаптивно-компенсаторных сдвигов в экстремальных условиях, требующих от организма проявления предельных напряжений [11, 14]. Реализация ТАР организма связана с выраженным превалированием катаболических сдвигов над анаболическими и несет в себе энтропийное, деструктивное содержание [2, 35]. В процессе макроцикла подготовки проявляется «активно-поисковая», развивающая, формирующая, «стабилизирующая» фазы, сформированные реакции постепенно становятся достаточно стабильными, но

обратимыми [41, 45]. Этап устойчивой адаптации обеспечивает переход от разнонаправленных реакций несовершенных фаз к долговременной совершенной адаптации к конкретной спортивной деятельности (рис. 1).

Особенности динамики отдельных функциональных показателей при формировании устойчивой адаптации рассмотрены нами в более ранних публикациях [20]. Существует вполне определенный, объективно обусловленный генетическими факторами предел возможности организма отвечать на тренирующие воздействия адекватными реакциями.

Такой предел, характеризующий емкость ТАР, обусловлен функциональными резервами, минимизацией чувствительности и реактивностью устойчивых систем организма.

Аналогичная ситуация наблюдается и при реализации большого адаптационного цикла, охватывающего время пребывания в большом спорте у атлетов высокого класса, с той лишь разницей, что организм не разрушается, а значительно утрачивает свои адаптационные резервы и способность демонстрировать высокие результаты (рис. 2).

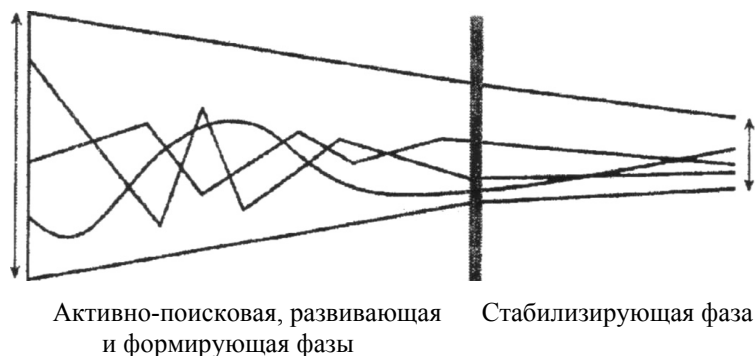


Рис. 1. Пространственно-временные характеристики фазового процесса адаптации



Рис. 2. Фазы большого адаптационного цикла спортивной подготовки

Анализ и обобщение материалов по развитию адаптационных процессов представлены на рис. 3.

В спортивных достижениях исключительно важна и мало изучена роль соединительно-тканых звеньев. Соединительно-тканная система включает в себя 70 % общеорганизменной массы воды, 90 % минералов, 65 % общеорганизменного запаса белка, которые формируют необходимые системе коллаген и эластин в зависимости от потребностей и возможностей организма. Возникающее в условиях мышечной деятельности относительное закисление (анаэробное, гипоксическое) среды обитания клетки, вызывает активацию VCO_2 , газообменного коэффициента (RER), предшественника АНП, вследствие мезодермального соединительно-тканного доминирования развивающихся тканей. Каждое полное морфофункциональное обновление определяет силу биоритмов. Коллаген, эластин и другие СТ структуры организуют мощные энергетические потоки, а также организуют стимуляцию функций одних органов и ингибирование других.

Соединительная ткань составляет основу интеграции ряда производных, с которыми связаны такие категории, как симметрия, асимметрия, гармония, устойчивость, компенсаторность (дополнительность), целостность [1, 55].

Современные исследования, проведенные методом эргоспирографии, электронейромиографом (ЭНМГ), оценки метаболического состояния, позволяют изучать сложнейшие биологические процессы на иных условиях организации, начиная с самих мышц и клеток до молекулярных структур различных белков, входящих в состав органа, которые принимают участие в процессе возбуждения и торможения. Для полной ясности понимания процесса утомления и механизмов его возникновения и развития существуют только предпосылки. Эргоспирометрия позволит выявить переходные состояния и наступления закисления, анаэробного порога, утомления и скорости восстановления значений кардиопульмонарной системы (КПС).

Сдвиги отдельных значений ЭНМГ векторно к уменьшению количества активно действующих ДЕ и изменения мощности спектра в направлении снижения частоты отношения амплитуда/частота являются маркерами утомления. Однако при объяснении причин снижения мышечного сокращения (косвенно по амплитуде ЭНМГ) возникает проблема, действительно ли сарколема является главным участком, ответственным за аномальность ЭНМГ. Изменение особенностей конфигурации ЭНМГ, возможно, и не связано с особенностями состояния сарколеммы, а может зависеть от нервной стимуляции, поступающей к мышцам, или же от передачи нервной импульсации через нервно-мышечные синапсы [58].

В наших исследованиях, проведенных в условиях релаксации и произвольного напряжения мышц, наблюдались у спортсменов – представите-

лей дистанционных видов спорта (спортивное ориентирование, лыжные гонки, легкоатлетический бег на средние дистанции, плавание, спортивная ходьба) достоверное увеличение максимальной амплитуды ЭНМГ ($P < 0,001$) и векторное изменение частоты ЭНМГ ведущих мышц [20].

У борцов и тяжелоатлетов показатели амплитуды ЭНМГ на произвольное напряжение мышц возрастали более ярко ($P < 0,011$) по сравнению с фоном и значениями у представителей дистанционных видов спорта. При этом значения частоты ЭНМГ то чрезмерно возрастали, то снижались. В этой связи вариативно изменялось отношения амплитуд к частотам ЭНМГ.

Концепция «мышечной целесообразности», подразумевающая значимость рефлексии и внутриклеточных изменений в работе мышц, зависит от специфичности ДД и типа включения сокращения ДЕ [59, 60]. При пролонгированных произвольных сокращениях с субмаксимальным проявлением напряжения возрастает количество рекрутированных ДЕ, синхронность их активности, а также снижается частота потенциала действия. Последние могут служить примером экономизации мышечного сокращения, возможно, и снижения напряжения мышц. В работе [38] высказано предположение, что максимальная амплитуда ЭНМГ косвенно характеризует силовые двигательные способности человека, а средняя амплитуда отражает напряжение сигнала.

Средняя мощность работы находится в диапазоне между анаэробным порогом и критической мощностью. Это означает, что в работу вовлечены все ММВ (мо-мс) и существенная часть БоМВ (Бса, Бог, Бсб, БГ). Степень участия последних определяется величиной превышения пороговой мощности и утомления спортсмена. В БоМВ высока активность митохондриальных ферментов. Однако активен и гликолиз. Их функционирование будет сопровождаться выделением лактата и H^+ , что, как отмечалось выше, обеспечивает максимальную скорость ресинтеза АТФ за счет дыхательного фосфорилирования (до момента существенного снижения рН). Но в то же время приводит к быстрому исчерпанию углеводных запасов организма, стимулирует высокую активность дыхательных мышц для респираторной компенсации ацидоза, высокую теплопродукцию [29, 47]. Доминирование жирового компонента характерно в условиях дистанционных ДД (бег на средние и длинные дистанции, лыжные гонки, плавание 200, 400, 1500 м, конькобежный спорт 3000, 5000, 10 000 м.)

Кожная гиперемия в результате повышения температуры тела и гемоконцентрация приводят к высокой нагрузке на сердечную мышцу, а уменьшение запасов гликогена и связанное с этим психическое напряжение – к высокой активизации симпатoadrenalовой системы. Все эти факторы, как предполагается, могут вызывать «центральное утомление», что сопровождается накоплением

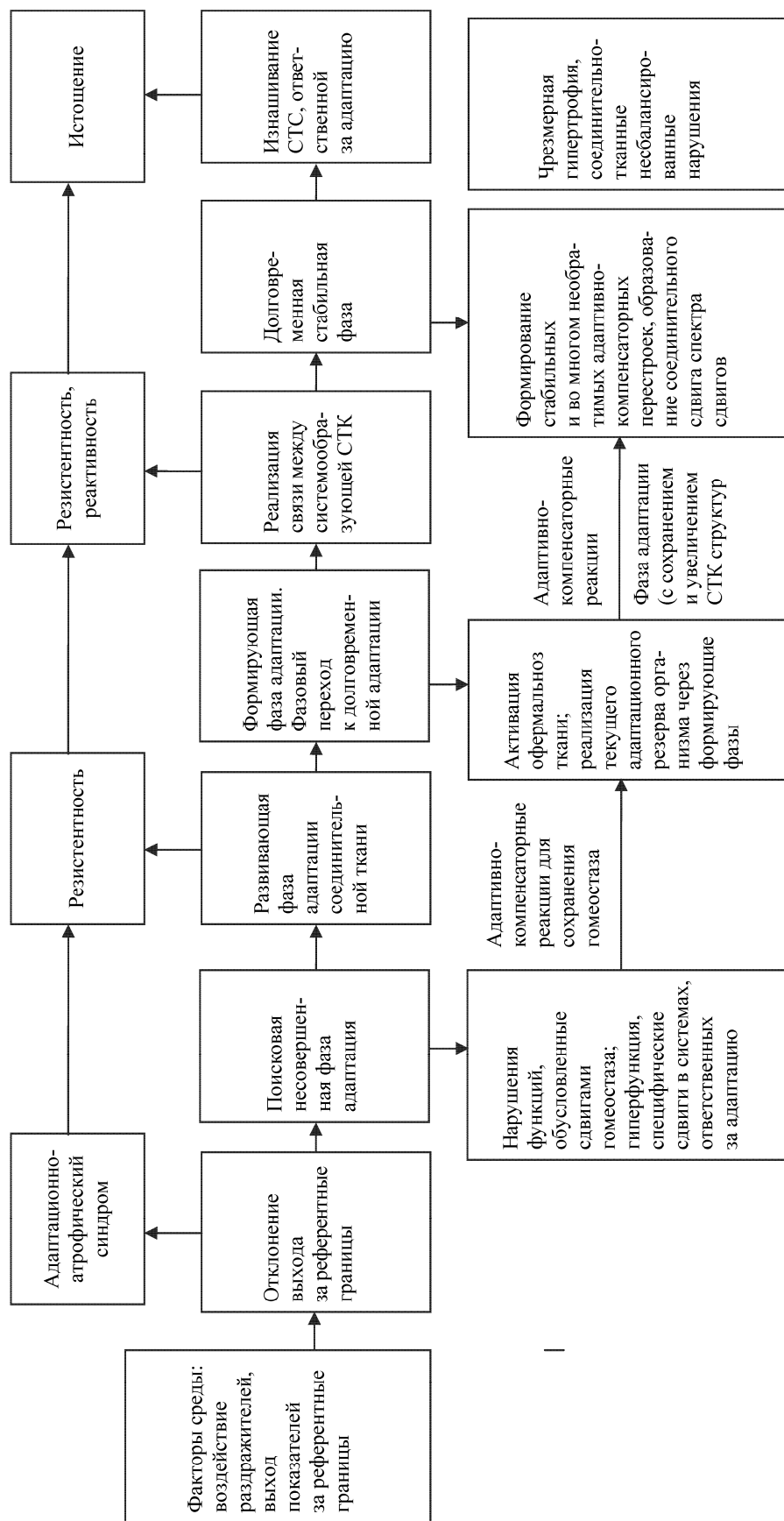


Рис. 3. Неспецифический компонент адаптации (общий синдром по Г. Селье и соединительнотканная концепция гомеостаза (жизнедеятельности))

ГАМК и серотонина в мозге и выражается, в частности, в нарушении координации [22, 47]. Невозможности максимально активизировать мотонейронные пулы и задействовать все мышечные волокна даже при предельном напряжении в конце дистанции, несмотря на то, что нам неизвестны работы, в которых специально изучалась степень истощения КрФ и активизация гликолиза во время максимального финишного ускорения после длительной продолжительной работы. Имеющиеся данные об относительно высокой концентрации КрФ в момент отказа при «истощающей» длительной работе поддерживают гипотезу о «центральном» происхождении утомления на этих дистанциях. Однако еще раз подчеркнем, что пусковым моментом для всех перечисленных факторов, приводящих к «центральному» утомлению, является продукция лактата в БоМВ из-за недостаточного окислительного потенциала основных мышечных групп [19, 20].

Можно утверждать, что в каждый момент времени организм обладает определенными резервными возможностями, т. е. способностью отвечать на внешние воздействия динамическими перестройками, позволяющими перейти на новый функциональный уровень нейромоторных возможностей. Емкость ТАР организма ограничена определенным целесообразным пределом и в значительной мере обуславливается тем абсолютным уровнем адаптационных перестроек организма, на котором он уже находится. Отсюда сила, объем и продолжительность тренирующих воздействий, объективно необходимых для полноценной реализации ТАР организма. Имеются индивидуальные количественные значения, в случаях если они ниже объективно необходимой величины, ТАР организма не будет реализован, если превысят его, это приведет к чрезмерному истощению резервных возможностей. И в том, и в другом случае эффект подготовки будет низким [10].

Этап устойчивой адаптации обеспечивает четвертый фазовый переход к возможностям организма обеспечить успех соревновательной деятельности. Четвертая стадия сформировавшейся долговременной адаптации характеризуется соединительно-тканной динамической устойчивостью, наличием минимизации чувствительности и распределения диапазона, отсутствием стресс-синдрома и совершенными адаптивно-компенсаторными реакциями при воздействии факторов окружающей среды (работа, температура, условия).

Комплекс структурных изменений, развивающихся в системе, ответственной за адаптацию, обладает рядом черт, которые имеют определяющее значение для понимания природы адаптации [43], где соединительная ткань (СТ) играет ключевую роль [3, 49]. Формирование системного структурного следа обеспечивает повышение физиологических возможностей доминирующей системы отнюдь не за счет глобального роста массы

ее клеток, а наоборот, путем избирательного изменения СТ и увеличения значения экспрессии определенных генов и роста именно тех клеточных структур, которые лимитируют функцию доминирующей системы. Избирательное изменение СТ, увеличение экспрессии определенных генетических комплексов и селективный рост лимитирующей функцию структур – основа формирования системного структурного следа [3, 49]. Основа формирования всех структурных следов базируется на СТ концепции. Взаимосвязь функции генетического аппарата клетки, функциональные системы, в которых образуются эти следы, и соответственно их архитектура специфичны для каждого фактора окружающей среды [43].

Вместе с тем в третьей фазе (неустойчивое физиологическое состояние) при чрезмерно длительной и направленной адаптации доминирование определенной системы может привести к одностороннему развитию организма. В частности, показано снижение структурного резерва печени и почек при адаптации животных к напряженным ДД или развитие иммунодефицитного состояния при адаптации к гипоксии. Такое «разоружение» определенных систем организма может стать предпосылкой патологий одностороннего развития [52].

Четвертая фаза стабильной функциональной и метаболической адаптации является обязательной, развивается лишь при чрезмерных напряженных нагрузках. Адаптация характеризуется тем, что значительные нагрузки на системы, доминирующие в процессе адаптации, приводят к развитию соединительной ткани и чрезмерной гипертрофии клеток и возможным нарушениям структуры и функции. Это происходит за счет двух механизмов. Первый из них состоит в том, что при значительной гипертрофии рост клеток оказывается несбалансированным и сопровождается избирательным отставанием массы структур, ответственных за восприятие сигналов управления, ионный транспорт, газообмен, энергообеспечение. Такая ситуация, в известном смысле противоположная структурному комплексу оптимальной адаптации, в деталях изучена при чрезмерной гипертрофии сердца, где она приводит к депрессии сократительной функции [48]. Второй механизм состоит в том, что после длительного периода гиперфункции и гипертрофии в нервно-моторных интеграциях, эндокринных железах и исполнительных органах может развиваться своеобразный комплекс.

В спортивной тренировке усиление физиологических функций и адаптация при специфическом воздействии происходит тогда, когда система выполняет большую работу, чем обычно. В этой связи сопутствуют при тренировочных воздействиях (ТВ) следующие принципы: «перегрузки», специфичность, обратимость, доступность, систематичность, достаточность, ритмичность. Тренировочный эффект, по мнению Г. Рафа [16] и Н.А. Фомина [53], снижается уже через 3 суток

бездействия. Развитие ЛМВ с соблюдением перечисленных принципов, без превышения АНП, приводит к позитивным изменениям механизма мышц. Например, система буферирования протонов в мышечных волокнах подробно описана в работах [35, 54]. К сожалению, неизвестны механизмы увеличения концентрации буферизирующих веществ или какой точно характер нагрузки способствует их преимущественному накоплению [54].

Имеются данные, что у спортсменов, тренированных в «гликолитической» зоне, повышена способность накапливать лактат в крови [13] и увеличивать отношения ДЛа/ДрН. Это косвенно может свидетельствовать о приросте емкости их буферных систем, так как, вероятно, минимальное рН, при котором происходит резкое замедление процесса энергопродукции в ММВ (мо-мс), не отличается у тренированных и нетренированных. Вот поэтому если значительная часть H⁺ буферизируется, то больше лактата может накапливаться в мышцах, а затем выйти в кровь. В то же время большая концентрация лактата может явиться следствием его облегченной диффузии в кровь [54].

При высокоинтенсивных ДД относительно низкая скорость ресинтеза АТФ за счет окислительного фосфорилирования приводит к быстрой активации анаэробной энергопродукции креатинфосфата (Кф) за счет гидролиза гликогена. Важность Кф для энергопродукции в мышцах заключается в чрезвычайно высокой скорости, с которой он способен осуществлять ресинтез АТФ. Гликолиз представляет собой цепь реакций преобразования гликолиза до пирувата и лактата. Чем выше мощность работы, тем больше вклад гликогенолиза и гликолиза в ресинтез АТФ. Быстрое возрастание АМФ и Кф может служить регулятором мышечного гликогенолиза во время сократительной активности мышц. Анаэробный гликолиз транслируется по фазам адаптации как и гликолиз Кф и по сравнению с окислительным фосфорилированием скорость течения этих процессов высокая. Развитие ЛМВ минимизирует анаэробные процессы на подготовительном этапе. Причем механизмы этих процессов при ДД при максимальной мощности не раскрыты.

Продолжительность выполнения работы при телеметрическом эргоспирометрическом исследовании в неустойчивом физиологическом состоянии ступенчатой велоэргометрической нагрузки (12 мин, 4 ступени по 3 минуты, 60 об/мин; 60, 120, 180, 260 Вт) составляет 6 минут при среднем, 8 минут при высоком и 4 минуты при низком уровне тренированности. Вработывание длится после разминки средней интенсивности 1–2 мин, переходное состояние 2–3 мин, устойчивое состояние составляет 3–4 мин. Газообменный коэффициент варьировал при средней тренированности от 0,70 до 1,30 ед.; высокой 0,70–1,20 ед.; низкой 0,70–1,45 ед. Вентиляционный коэффициент был у последних ближе к значениям контроля (32–34 ед.).

Пропорциональность между мощностью нагрузки ЧСС, легочной вентиляцией была лишь у спортсменов, находящихся в 3–4 фазах адаптации. У спортсменов 1–2 фаз адаптации пропорциональности между указанными показателями не наблюдалось. Сдвиги мышечного утомления ассоциируются с нарушениями энергообеспечения, закисления (VCO₂ превосходит значения VO₂), ингибирующим влиянием продуктов реакций, лактоацидоза. Однако роль специфического тканевого источника в дополнительной поставке свободных жирных кислот (СЖК) остается не ясной. Остается малоизученным и процесс митохондриального дыхания, играющего важную роль в использовании жиров в качестве энергетического субстрата.

В модели Крога не принимается во внимание роль миоглобина как фактора депонирования и ускоренного процесса переноса кислорода внутримышечного волокна. Известно, что оксимиоглобин выполняет две функции: 1) поддержание низкого внутриклеточного напряжения O₂, для обеспечения высокого градиента по отношению к капиллярной крови и 2) транспорт кислорода внутри ММВ (мо-мс) в случае возникновения внутриклеточных градиентов кислорода. Поэтому наличие оксимиоглобина уменьшает градиент парциального напряжения кислорода в разных участках мышечных волокон, ликвидируя «гипоксические» участки [12, 36].

Вокруг гипертрофированных оксидативных мышечных волокон капиллярная сеть настолько густая, что средняя плотность капилляров оказывается высокой, как и в других местах мышцы. Среднее межкапиллярное расстояние при этом оказывается существенно меньше 80 мкм, которое считается критическим для адекватного снабжения ткани кислородом даже на основании расчетов по модели Крога (т. е. без учета роли миоглобина). Прямые измерения показали, что напряжение кислорода внутри мышечных волокон в состоянии максимальной респирации митохондрий не зависит от размера волокон. В гипертрофированных мышечных волокнах митохондрии располагаются по периметру волокна. Это уменьшает диффузионное расстояние и не вызывает необходимости накопления миоглобина [36].

Существуют наблюдения [35] о реципрокных отношениях между концентрацией миоглобина, с одной стороны, плотностью капилляров и окислительным потенциалом ММВ (мо-мс). С другой стороны, в процессе с объемной аэробной тренировки можно предположить, что система внутриклеточного транспорта кислорода обладает резервами производительности, делающими ненужной высокую концентрацию миоглобина при высокой капилляризации мышц. Аэробная мощность и спортивная результативность растут параллельно с гипертрофией как медленных, так и быстрых волокон основных мышечных групп спортсменов [56].

На основе перечисленных фактов, гипотеза об обязательности уменьшения размеров мышечных волокон для достижения ими максимального окислительного потенциала не кажется столь убедительной.

Тем не менее существуют исследования, в которых показано снижение площади поперечного сечения (ППС) мышечных волокон под воздействием тренировки [54, 58, 59].

Таким образом, проблема адаптации, несмотря на длинную историю, многочисленность полученных фактов, имеет белые пятна и ждет появления новых теорий, концепций и интерпретаций.

Литература

1. Абдеев, Р.Ф. *Философия информационной цивилизации: моногр.* / Р.Ф. Абдеев. – М.: Владос, 1994. – 336 с.
2. *Адаптация спортсменов к тренировочным и соревновательным нагрузкам* / под ред. В.В. Петровского. – Киев, 1984. – 104 с.
3. Анохин, П.К. *Теория функциональной системы* / П.К. Анохин // *Общие вопросы физиологических механизмов. Анализ и моделирование биологических систем.* – М., 1970. – С. 6–41.
4. Анохин, П.К. *Принципиальные вопросы общей теории функциональной системы* / П.К. Анохин // *Принципы системной организации функций.* – М.: Наука, 1973. – С. 561.
5. Аршавский, И.А. *Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития* / И.А. Аршавский. – М.: Наука, 1982. – 270 с.
6. Бальсевич, В.К. *Онтокинезиология человека: монография* / В.К. Бальсевич. – М.: Теория и практика физической культуры, 2000. – 274 с.
7. Бауэр, Э.С. *Теоретическая биология* / Э.С. Бауэр. – М.: ВПЭГМ, 1935. – 208 с.
8. *Биохимия мышечной деятельности: учеб.* / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. – Киев: Олимп. лит., 2000. – 502 с.
9. Булкин, В.А. *Модельные характеристики соревновательной деятельности с позицией теории целостности* / В.А. Булкин // *Моделирование соревновательной деятельности с учетом резервных возможностей спортсменов.* – М., 1983. – С.13–14.
10. Верхошанский, Ю.В. *Программирование и организация тренировочного процесса* / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 258 с.
11. Верхошанский, Ю.В. *Некоторые закономерности долговременной адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам* / Ю.В. Верхошанский, А.А. Виру // *Физиология человека.* – 1987. – № 5. – С. 811–818.
12. Верхошанский, Ю.В. *Взаимосвязь гематологических и мышечных показателей кислород-транспортной системы с уровнем работоспособности у людей тренирующих выносливость* / Ю.В. Верхошанский // *Физиология человека.* – 1993. – Т. 19, № 1. – С. 27–33.
13. Волков, Н.И. *Проблема утомления и восстановления в теории и практике спортсменов* / Н.И. Волков. – М.: ТИ ПФК, 1974. – С. 60–64.
14. *Вопросы физиологии человека на Петербургской встрече нобелевских лауреатов «Наука и прогресс человечества»* / А.Д. Ноздрачев, О.Н. Михайлова, Е.Л. Поляков, М.С. Рудас // *Физиология человека.* – 2004. – Т. 30, № 6. – С. 113–121.
15. Годик, М.А. *Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок* / М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 1980. – 136 с.
16. Гершел, Р. *Секреты физиологии: пер. с англ.* / Р. Гершел. – М.: СПб.: Бином: Невский диалект, 2001. – 448 с.
17. Запорожанов, В.А. *Контроль в спортивной тренировке* / В.А. Запорожанов. – Киев: Здоровья, 1988. – 186 с.
18. Исаев, А.П. *Использование закономерностей долговременной адаптации при контроле процесса многолетней подготовки спортсмена* / А.П. Исаев, В.В. Рыбаков, В.В. Карлышев // *Физиология спорта: тез. докл. XVI Всесоюз. науч.-практ. конф.* – М.; Л.: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта, 1986. – С. 87–89.
19. Исаев, А.П. *Стратегии адаптации человека* / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003 – 187 с.
20. Исаев, А.П. *Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва* / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
21. Казначеев, В.П. *Проблемы челоковедения* / В.П. Казначеев; под ред. А.И. Сиббетто. – М.: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 1997. – 352 с.
22. Камскова, Ю.Г. *Физиологические основы механики мышечного сокращения* / Ю.Г. Камскова, А.П. Исаев, Н.З. Мишаров; под общ. ред. А.П. Исаева. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2000. – 261 с.
23. Кассиль, Г.Н. *Адаптация к спортивной деятельности в свете нейро(вегетативной) гуморально-гормональной регуляции функций* / Г.Н. Кассиль // *Физиология спорта: тез. докл. XVIII Всесоюз. науч.-практ. конф.* – М., 1996. – С. 93.
24. Киселев, Л.В. *Системный подход к оценке адаптации в спорте* / Л.В. Киселев. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1986. – 176 с.
25. Колчинская, А.З. *Медико-биологические основы комплексного контроля и его значение в управлении тренировочным процессом спортсменов, высокой квалификации* / А.З. Колчинская // *Медико-биологические основы подготовки квалифицированных спортсменов: сб. науч. тр.* – Киев: КГИФК, 1986. – С. 56–67.

26. Кузнецов, В.В. Обице закономерности и перспективы развития теории системы спортивной подготовки / В.В. Кузнецов // *Методологические проблемы совершенствования спортивной подготовки квалифицированных спортсменов: сб. науч. тр.* – М.: ВНИИФК, 1984. – С. 6–29.
27. Кулинский, В.Н. Две адаптационные стратегии в неблагоприятных условиях – резистентная и толерантная / В.И. Кулинский, И.А. Ольховский // *Успехи современной биологии.* – 1992. – Вып. 5–6. – С. 697–714.
28. Кузнецов, В.В. Силовая подготовка спортсменов высших разрядов / В.В. Кузнецов. – М.: Физкультура и спорт, 1970. – 308 с.
29. Марков, Г.В. Систем в восстановления и повышения физической работоспособности в спорте высших достижений: метод. пособие / Г.В. Марков, В.И. Романов, В.Н. Гладков. – 2-е изд., стер. – М.: Совет. спорт, 2009. – 52 с.
30. Медведев, В.И. Адаптация: моногр. / В.И. Медведев. – СПб.: Ин-т мозга человека РАН, 2003. – 584 с.
31. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
32. Меерсон, Ф.З. Основные закономерности индивидуальной адаптации / Ф.З. Меерсон // *Физиология адаптивных процессов.* – М.: Наука, 1986. – С. 10–76.
33. Мищенко, В.С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной тренировке в спорте: моногр. / В.С. Мищенко, Е.Н. Лысенко, В.Е. Виноградов. – Киев: Науковий світ, 2007. – 351 с.
34. Мозжухин, А.С. Характеристика функциональных резервов человека / А.С. Мозжухин // *Проблемы резервных возможностей человека.* – М., 1982. – С. 43–50.
35. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки / Р. Мохан, М. Глессон, П. Гринхафф. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 295 с.
36. Метаболизм в процессе физической деятельности / под ред. М. Харгривас. – Киев: Олимп. лит., 1999. – 290 с.
37. Мякинченко, Е.Б. Развитие мышечной выносливости в циклических видах спорта: моногр. / Е.Б. Мякинченко, В.Н. Селуянов. – М.: ТВТ Дивизион, 2005. – 338 с.
38. Николаев, С.Г. Практикум по клинической электромиографии / С.Г. Николаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Иваново: Иванов. гос. мед. академия, 2003. – 264 с.
39. Платонов, В.Н. Адаптация в спорте: моногр. / В.Н. Платонов. – Киев: Здоровья, 1988. – 214 с.
40. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В.Н. Платонов. – М.: Совет. спорт, 2005. – 820 с.
41. Потапов, В.Н. Формирование индивидуального стиля саморегуляции у спортсменов высшей квалификации (на примере биатлонистов): дис. ... д-ра пед. наук / В.Н. Потапов. – Тюмень, 2002. – 280 с.
42. Потапова, Т.В. Адаптивно-компенсаторные реакции организма юных спортсменов на нагрузки прогрессивной тренировки и восстановления: моногр. / Т.В. Потапова, В.В. Эрлих, А.М. Мкртумян; под науч. ред. д-ра биол. наук, проф., засл. деятеля наук РФ А.П. Исаева. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. – 344 с.
43. Пшенникова, М.Г. Адаптация к физическим нагрузкам. Физиология адаптационных процессов / М.Г. Пшенникова. – М.: Наука, 1986. – С. 124–221.
44. Пишибыльски, В.И. Индивидуализация спортивной подготовки: моногр. / В.И. Пишибыльски. – М.: НИЦ «Теория и практика физической культуры и спорта, 2005. – 197 с.
45. Саркисов, Д.С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций / Д.С. Саркисов. – М.: Медицина, 1987. – 446 с.
46. Селье, Г. Стресс без дистресса / Г. Селье. – М.: Прогресс, 1982. – 124 с.
47. Слоним, А.Д. Учение о физиологических адаптациях / А.В. Слоним // *Экологическая физиология животных.* – Л.: Наука, 1979. – Ч. 1. – С. 79–183.
48. Солодков, А.С. Адаптация в спорте / А.С. Солодков. – М.: Теория и практика физической культуры, 1990. – № 5. – С. 3–5.
49. Спортивное сердце в системном кровообращении исходя из соединительно-тканной концепции у юных представителей циклических видов, развивающих выносливость / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, С.А. Кабанов, Т.В. Потапова // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура.* – 2011. – Вып. 26. – № 7 (224). – С. 29–35.
50. Структурно-функциональная регуляция и асимметрия ведущих мышц спортсменов в период расслабления и напряжения / А.П. Исаев, Р.У. Гаттаров, А.А. Густомясов, С.А. Личагина // *Вестник Курган. гос. ун-та. Серия «Естественные науки».* – 2006. – Вып. 1. – № 4 (08). – С. 95–98.
51. Судаков, К.В. Физиология. Основы и функциональные системы: курс лекций / К.В. Судаков; под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.
52. Управление спортивной подготовкой: теоретико-методологические основания / В.В. Рыбаков, А.В. Уфимцев, А.И. Федоров, М.И. Ахмедзянов. – М.: Спорт АкадемПресс; Челябинск: ЧГУ: ЧГНОУ Уро РАО, 2003. – 480 с.

53. Физиология человека / под ред. Р. Шмидта, Г. Товса. – М.: Медицина, 1996. – 568 с.

54. Фомин, Н.А. Адаптация: общепарафизиологические и психофизиологические основы: моногр. / Н.А. Фомин. – М.: Теория и практика физ. культуры, 2003. – 383 с.

55. Хочачка, П. Биохимическая адаптация / П. Хочачка, Дж. Сомеро. – М.: Мир, 1988. – 567 с.

56. Шебшаевич, Л.Г. Жизнь – кинетическая медико-биологическая системность / Л.Г. Шебшаевич, А.А. Алексеев. – М.: Триада плюс, 2001. – 608 с.

57. Шейкман, Б.С. Влияние тренировки на композицию мышц, размеры и окислительный потенциал мышечных волокон человека: автореф.

дис. ... канд. биол. наук / Б.С. Шейкман. – М., 1990. – 23 с.

58. Яковлев, Н.Н. Живое и среда. Молекулярные и функциональные основы приспособления организма к условиям среды: моногр. / Н.Н. Яковлев. – Л.: Наука, 1986. – 173 с.

59. Bigland-Ritchie, B. Muscletatigue and its influence on changing neural drive / B. Bigland-Ritchie // Clin Chest Med. – 1984. – Vol. 5. – P. 21–34.

60. Enoka, R.M. Neurobiology of muscle fatigue / R.M. Enoka, D.A. Stuart // J. Appl. Physiol. – 1992. – Vol. 72. – P. 1631–1648.

61. McEwen, B.S. Protective and damaging effects of stress mediators / B.S. McEwen // Ntw England Journal of Medicine. – 1998. – C. 171–179.

Поступила в редакцию 12 марта 2012 г.