



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Л. В. Капилевич**

# **ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА. СПОРТ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ПРИКЛАДНОГО БАКАЛАВРИАТА**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию  
в области физической культуры и спорта в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению  
034300 — Физическая культура*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)**

**Москва ■ Юрайт ■ 2017**

УДК 796.012(075.8)  
ББК 75.0:28.073я73  
К20

**Автор:**

**Капилевич Леонид Владимирович** — доктор медицинских наук, профессор кафедры спортивных дисциплин Института социально-гуманитарных технологий Томского политехнического университета.

**Рецензенты:**

**Фомина Е. В.** — доктор биологических наук, профессор кафедры теоретических основ физической культуры и спорта Московского педагогического государственного университета;

**Ковалев И. В.** — доктор медицинских наук, профессор кафедры биофизики и функциональной диагностики Сибирского государственного медицинского университета.

**Капилевич, Л. В.**

К20 Физиология человека. Спорт : учеб. пособие для прикладного бакалавриата / Л. В. Капилевич. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 141 с. — Серия : Университеты России.

ISBN 978-5-534-00472-4

Серия «Университеты России» позволит высшим учебным заведениям нашей страны использовать в образовательном процессе учебники и учебные пособия по различным дисциплинам, подготовленные преподавателями лучших университетов России и впервые опубликованные в издательствах университетов. Все представленные в этой серии учебники прошли экспертную оценку учебно-методического отдела издательства и публикуются в оригинальной редакции.

В учебном пособии доступно излагаются основные понятия и научные сведения по основным разделам физиологии спорта, рассматриваются особенности деятельности организма спортсмена во время выполнения физической работы и в восстановительном периоде, а также изменения в различных функциональных системах, происходящие вследствие длительных занятий физической культурой и спортом. Освещены основы физиологии спорта; физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности; физиологические основы формирования двигательных навыков и развития физических качеств; физиологические основы спортивной тренировки; физиологические основы спортивной работоспособности в особых условиях внешней среды; возрастные особенности спортивной работоспособности; физиологические основы оздоровительной физической культуры.

*Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Физическая культура».*

УДК 796.012(075.8)  
ББК 75.0:28.073я73



*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».*

ISBN 978-5-534-00472-4

© Капилевич Л. В., 2011  
© ООО «Издательство Юрайт», 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Повседневная деятельность человека предусматривает два вида активности: психологическую и физическую. Психологическая активность включает интеллектуальный труд, общение, эмоции; физическая – выполнение механической работы, движение. Психологическая активность требует активации ограниченного количества систем организма, главным образом высших уровней нервной системы. При физической активности активируются все без исключения системы организма, которые, работая совместно, создают условия для выполнения определенного физического действия.

Физическая активность является особым физиологическим состоянием человека, при котором усилия организма направлены на преодоление физического сопротивления окружающей среды. Во время занятий спортом (если физическая нагрузка не превышает физиологически допустимую) в организме человека происходит ряд адаптивных процессов, которые помогают человеку приспособиться к условиям регулярной физической нагрузки. Если же степень физической нагрузки намного превышает физический потенциал человека, могут возникнуть различные нарушения здоровья: перетренированность, хроническая усталость, различные заболевания.

Физиология спорта – раздел общей физиологии, рассматривающий особенности деятельности организма спортсмена во время выполнения физической работы и в восстановительном периоде, а также изменения в различных функциональных системах, происходящие вследствие длительных занятий физической культурой и спортом.

Физиология спорта изучает закономерности изменения функций организма и механизмы их регуляции при различных видах спортивной деятельности. Знания физиологических изменений, наступающих в организме человека под влиянием выполнения различных по направленности физических упражнений и механизмов регуляции функций необходимы тренеру-педагогу для эффективного решения задач в области физического воспитания и спорта.

При изучении курса физиологии спорта широко освещаются следующие разделы:

- физиологические основы двигательной активности;
- физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности;
- физиологические основы формирования двигательных навыков и развития физических качеств;
- физиологические основы спортивной тренировки;
- физиологические основы спортивной работоспособности в особых условиях внешней среды;
- возрастные особенности спортивной работоспособности;
- физиологические основы оздоровительной физической культуры.

## ***История спортивной физиологии***

Физиология спорта – относительный новичок в мире науки. До конца XIX столетия главная цель физиологов заключалась в получении информации, имеющей клиническое значение. Проблема реакции организма на физические нагрузки практически не изучалась. Несмотря на общепризнанную значимость регулярной мышечной деятельности уже в середине XIX столетия, до конца столетия на физиологию мышечной деятельности внимание почти не обращали.

С середины XIX века существовало мнение о необходимости регулярной физической деятельности для поддержания оптимального состояния здоровья, однако только в конце 60-х годов XX столетия оно стало общепризнанным. Последующие исследования доказали значение физических нагрузок для противодействия физическому спаду, обусловленному процессом старения.

*Осознание потребности в физической деятельности способствовало пониманию важности превентивной медицины и необходимости разработки программ для поддержания и укрепления здоровья.*

Хотя физиологии физических нагрузок нельзя ставить в заслугу современное движение за сохранение здоровья, тем не менее именно она обеспечила основной комплекс знаний и обоснование включения физических нагрузок как неотъемлемого компонента здорового образа жизни, а также заложила основы науки о значении физических нагрузок для больных и здоровых.

В развитии физиологии спорта условно выделяют несколько этапов. *Первый, начальный, ее период* формировался в конце XIX в. и в 20-е гг. прошлого столетия, характеризовался тем, что физиология в основном преподавалась по программам медицинских институтов с некоторым акцентом на разделе «Физиология мышц». В прикладном плане освещались лишь отдельные медицинские вопросы, связанные с влиянием физических упражнений на организм. Такое содержание дисциплины отражало в то время объективное состояние научных знаний в области физиологии мышечной деятельности как в нашей стране, так и за рубежом.

Первая работа по физиологии упражнений – *«Физиология физического упражнения»*, была написана в 1889 году *Фернандом Ла Гранжем*. Принимая во внимание небольшое количество исследований в области физических нагрузок в то время, было весьма интересно познакомиться с тем, как автор освещает такие темы, как *«Мышечная работа»*, *«Усталость»*, *«Привыкание к работе»*, *«Функция мозга при нагрузке»*. Эта ранняя попытка объяснить реакции организма на физические нагрузки была во многом ограничена весьма противоречивыми теоретическими аспектами и незначительным количеством фактического материала.

Несмотря на появление в то время некоторых основных понятий биохимии физических нагрузок, Ла Гранж, тем не менее отмечал, что многие детали этой проблемы все еще находятся в стадии становления и изучения. Например, он писал, что: «...понятие «энергетический метаболизм» стало весьма сложным в последнее время; мы можем сказать, что оно в определенной степени запутано и довольно трудно в двух словах дать ему четкую и ясную характеристику. Оно представляет собой раздел физиологии, который в настоящее время пересматривается, поэтому в данный момент мы не можем сформулировать свои выводы».

В конце XIX века появилось множество теорий, *объясняющих источник энергии, обеспечивающей мышечное сокращение*. Как известно, во время физической нагрузки мышцы производят много тепла, поэтому, согласно некоторым теориям, это тепло используется косвенно или непосредственно, чтобы заставить сокращаться мышечные волокна.

Несмотря на то что в Гарвардском университете (США) в Лаборатории утомления работали такие специалисты, как Дадли Серджент, Дж. Х. Мак-Карди и другие учёные, изучавшие влияние физической тренировки на силу и выносливость, инициатива использования данных в науке о физическом воспитании принадлежит *М. Карповичу*, русскому эмигранту, также работавшему в этой лаборатории.

Карпович проводил собственные исследования и преподавал физиологию в Спрингфилдском колледже (Массачусетс) с 1927 года до своей кончины в 1968 году. Хотя он внес значительный вклад в область физического воспитания и физиологии физических нагрузок, тем не менее его больше всего помнят как выдающегося преподавателя.

Другой представитель этого колледжа, тренер по плаванию Т.К. Каретон, создал лабораторию физиологии физических нагрузок при Университете штата Иллинойс в 1941 году. Каретон продолжал заниматься исследовательской деятельностью, был учителем многих из современных ведущих ученых в области физической подготовки и физиологии физических нагрузок, до своего ухода на пенсию в 1971 году.

Анализ функциональных показателей организма спортсменов под влиянием различных физических упражнений позволил профессору А.Н. Крестовникову издать первый в мире специальный учебник физиологии для институтов физической культуры (1938) и первую монографию по физиологии спорта (1939). Издание названных книг дало возможность выделить и окончательно сформировать в физиологии человека новый учебный и научный раздел предмета – *физиологию спорта*. С этого времени начинается *второй, переходный, период развития физиологии спорта* (1930–1950-е гг.) как учебной и научной дисциплины. В это время издан учебник по физиологии человека профессора М.Е. Маршака (1946), а также дополнен и переиздан учебник А.Н. Крестовникова (1954), а в 1959 г. в ИФК появился более

современный для того времени учебник физиологии, подготовленный профессором Е.К. Жуковым.

Уолтер Флетчер и Фредерик Гоулэнд Хопкинс установили *тесную взаимосвязь между мышечным сокращением и образованием лактата*. Стало ясно, что энергия для выполнения мышечного сокращения образуется вследствие распада мышечного гликогена с образованием молочной кислоты, хотя детали этой реакции оставались невыясненными. Поскольку для мышечного сокращения требуется достаточно много энергии, мышечная ткань послужила идеальной моделью для раскрытия тайн клеточного метаболизма. В 1921 г. Арчибальд Хилл получил Нобелевскую премию за исследования энергетического метаболизма.

В тот период времени биохимия находилась в колыбели своего развития, однако она быстро завоевывала признание благодаря усилиям таких ученых – лауреатов Нобелевской премии, – как Альберт Сенф-Дьёрди, Отто Мейергоф, Август Крөг и Ханс Кребс, активно изучавших проблему выработки энергии живыми клетками.

Большинство своих исследований Хилл провел на изолированных мышцах лягушки, однако он был одним из первых, *кто провел физиологические исследования на человеке*. Эти исследования стали возможны благодаря технической помощи Джона Холдена, разработавшего метод и прибор для измерения потребления кислорода во время физической нагрузки.

Этими и другими учеными была заложена основа современного понимания процесса образования энергии, оказавшегося в центре пристального изучения в середине нашего столетия, которая в настоящее время исследуется в лабораториях физиологических нагрузок с использованием компьютерных систем для измерения потребления кислорода.

Программы физической подготовки, разработанные Т.К. Каретоном со своими студентами, а также книга Кеннета Купера «Аэробика», опубликованная в 1968 году, физиологически обосновали целесообразность использования физических нагрузок для обеспечения здорового образа жизни.

Яркие страницы в истории физиологии спорта связаны с работами Н.А. Бернштейна. Его идеи послужили основой для создания биологической кибернетики и теории управления сложными движениями, в частности, совершенствование технического мастерства спортсменов. Его труд «О построении движений» в 1948 году был удостоен Государственной премии.

В послевоенные годы большое развитие получили научные проблемы спортивной тренировки (общие методические основы спортивной тренировки, физиологии и клиники тренированности, биодинамические исследования по видам спорта). Значительный вклад в развитие данных направлений научных исследований внесли И.А. Крячко, Г.В. Васильев, Н.Г. Озолин, Д.Д. Донской, Р.Е. Мотылянская.

*Третий период развития физиологии спорта* (1960–1990-е гг.) характеризуется созданием систематизированного учебного и научного разделов дисциплины, соответствующих новым задачам подготовки высококвалифицированных, грамотных специалистов по физической культуре и спорту. В этот период вышли в свет учебное пособие «Физиология спорта» В.С. Фарфеля (1960) и учебник «Спортивная физиология» под редакцией Я.М. Коца (1986). Я.М. Коц изучал механизмы энергообеспечения и лимитирующие продолжительность выполнения выносливостной работы.

С. Гурфинкелем выполнены *фундаментальные исследования в области биомеханики и механизмов регуляции движения и позы человека, физиологии скелетных мышц*. Он выдвинул основополагающие представления о механизмах управления широким классом движений у человека.

Большое внимание В.С. Гурфинкель уделял *проблеме участия высших уровней нервной системы в управлении движениями* – вопросам, связанным со схемой тела, пространственной ориентацией, внутренним представлением пространства и собственного тела в мозгу. Изучение рефлекторных механизмов регуляции движения и позы, афферентного и центрального контроля двигательной активности позволило ему внести существенный вклад в решение ряда задач спортивной физиологии и медицины.

В исследованиях физиологии тренировки одним из действительных «отцов» направления является швед *физиология периодической тренировки* Пер Астранд. Сегодня доктор Астранд в возрасте 80 лет является видным деятелем международной спортивной медицины. Его наиболее известная работа «Учебник физиологии работы», написанный совместно с Кааре Родаль из Норвегии. Сейчас уже 5-е издание остается настольной книгой для студентов, изучающих физиологию тренировки. В 60-х годах он поставил несколько простых экспериментов, которые до сих пор имеют важное практическое значение для понимания физиологического воздействия продолжительной/интервальной тренировки.

Говоря об одной из наиболее актуальных проблем спортивной медицины – тестировании функционального состояния спортсменов – нельзя не отметить значительный вклад в данное направление В.Л. Карпмана. Этому вопросу посвящены две его монографии: «Исследование физической работоспособности спортсменов» (1974 г.) и «Тестирование в спортивной медицине» (1988 г.), – ставшие настольными книгами многих специалистов. В функциональной диагностике широко применяется тест PWC<sub>170</sub>. Наряду с велоэргометрическим вариантом этого теста на кафедре В.Л. Карпмана были разработаны модификации для различных видов спорта: легкоатлетический бег, лыжные гонки, тяжелая атлетика, фигурное катание на коньках и др. В.Л. Карпман предложил вариант этого теста для массовой физической культуры, использующий в качестве нагрузочной процедуры дозированную ходьбу.

В.Л. Карпман уделял постоянное внимание методическому совершенствованию спортивной медицины. В практику кардиологических исследований под его руководством был внедрен метод измерения минутного объема крови (1974 г.), основанный на капнографии возвратного дыхания. Этот метод позволил получить уникальные данные о динамике кровотока у спортсменов при различных нагрузках вплоть до предельных мощностей (монография «Динамика кровообращения у спортсменов», 1982 г.). Под руководством В.Л. Карпмана были проведены телерентгенологические исследования изменений общего объема сердца у спортсменов. Были вскрыты важные кардиологические механизмы, лимитирующие физическую работоспособность (монография «Сердце и работоспособность спортсмена», 1976). Более детальное изучение структурно-функциональных характеристик спортивного сердца и особенностей гипертрофических процессов миокарда левого желудочка проводилось в последнее десятилетие с помощью эхокардиографии.

# Глава 1

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ЗАНЯТИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ И СПОРТОМ

### 1.1. Контроль функционального состояния спортсмена

*Контроль функционального состояния спортсмена* является важным фактором планирования тренировочного процесса и оценки результатов соревнований. Жесткие по объему и интенсивности физические нагрузки в циклических видах спорта при неправильном планировании тренировочного процесса могут привести не только к перетренировке, спаду спортивных результатов, но и способствовать возникновению патологических изменений в организме спортсмена.

В спортивной медицине широко используются *автоматизированные физиологические методики*, позволяющие контролировать состояние основных систем организма до, во время и после физических нагрузок. Такой контроль актуален как при занятии оздоровительным, так и профессиональным спортом.

Для обеспечения эффективности и безопасности оздоровительных физических тренировок естественно использовать методы врачебного контроля, принятые в спортивной медицине, с поправкой на то, что целью оздоровительных тренировок является не спортивный результат, а укрепление здоровья.

Процесс адаптации сопровождается повышением функциональной мощности структуры и улучшением ее функционирования. При компенсации некоторые функции могут истощаться, и тогда функционирование организма протекает на предпатологическом и патологическом уровнях. *Такое состояние дезадаптации может привести к развитию переутомления, перенапряжения, значительному снижению работоспособности и в дальнейшем – к возникновению заболеваний и травм.* Без оптимально сбалансированного контроля функциональной подготовки достичь высоких результатов, освоив огромные объемы работы, без издержек для здоровья не представляется возможным.

*У спортсменов с высокой мотивацией к спортивным достижениям часто нарушена субъективная оценка самочувствия, они могут недооценивать тяжесть того или иного тренировочного занятия, иногда вопреки требованиям тренера самостоятельно увеличивают продолжительность или интенсивность физической нагрузки.* Это способствует длительному напряжению функциональных систем организма, накоплению усталости и *недовосстановления организма*, что рано или поздно влечет за собой развитие *перетренированности*. Для выхода из этого состояния требуется уже не несколько дней, а значительно более продолжительный промежуток времени (недели и месяцы).

Хорошо сбалансированная вегетативная регуляция мышечной деятельности позволяет спортсмену при наличии должного уровня мотивации максимально использовать свои функциональные возможности, обеспечивает необходимую *экономизацию функций* и определяет быстроту восстановительных процессов.

*Нарушение вегетативной регуляции служит ранним признаком ухудшения адаптации к нагрузкам* и влечет за собой снижение работоспособности. Клинически вегетативные расстройства проявляются в виде транзиторной головной боли диффузного характера, головокружения, расстройства сна, лабильности вазомоторных реакций. Срыв адаптации вегетативной нервной системы может приводить к нейроциркуляторной дистонии, протекающей по гипертоническому (чаще у юношей и мужчин), гипотоническому (чаще у женщин) или нормотоническому типу. В клинической картине превалирует общевротический синдром с наличием повышенной возбудимости, раздражительности или, наоборот, астенического состояния, сопровождающегося понижением работоспособности, нарушением сна. Возникают функциональные изменения сердечно-сосудистой системы (гипертензия или гипотония, нарушение ритма сердца), нарушение кровенаполнения и тонуса сосудов головного мозга.

*В большинстве случаев систему кровообращения можно рассматривать как индикатор адаптационных реакций целостного организма.* С точки зрения оценки функционального резерва мобилизация и расходование его оперативных и стратегических резервов, которые мобилизуются на этапах срочной и долговременной адаптации, изучение реакций системы кровообращения дает наиболее наглядные и типичные примеры адаптации.

Во-первых, хорошо известны и общедоступные методы измерения показателей функционирования системы кровообращения (определение минутного и ударного объема, частота пульса, артериальное давление).

Во-вторых, чувствительные рецепторные приборы – баро- и хеморецепторы контролируют различные параметры кровообращения в самых разных точках сосудистого русла и в самом сердце и постоянно информируют центральную нервную систему о происходящих изменениях. Это обеспечивает гибкость приспособления сердца и сосудов к непрерывно изменяющимся условиям окружающей среды. В свою очередь существуют доступные методы оценки состояния регуляторных механизмов системы кровообращения, одним из которых является математический анализ ритма сердца.

В-третьих, функциональные резервы сердечно-сосудистой системы хорошо известны и также поддаются измерению и оценке. К ним относятся рефлекторные механизмы, увеличение легочной вентиляции, скорости кровотока, потребления кислорода, гиперфункция сердца, оптимизация метаболических процессов в тканях и др. Функциональные резервы системы кровообращения можно разделить на внутренние и внешние. Последние по существу являются ресурсами других систем организма, которые прямо или кос-

венно связаны с выполнением основной функции кровообращения – доставкой тканям адекватного количества кислорода и питательных веществ.

Оценка функциональных резервов организма может быть осуществлена на основе сопоставления двух измеряемых показателей – *уровня функционирования доминирующей системы и степени напряжения регуляторных систем.*

*Функциональный резерв может быть определен непосредственно на основании результатов функционально-нагрузочных тестов.* Чем он выше, тем меньше усилий требуется для адаптации к обычным условиям существования, к покою. Резервные «мощности» системы кровообращения создают запас прочности на случай неадекватных воздействий на организм, благодаря этому исходный уровень ее функционирования снижается.

Для ранней диагностики перетренированности используют различные функциональные тесты: определение характера восстановления сердечного ритма после окончания физической нагрузки, регистрация ЧСС в покое, ортостатическая проба и широко внедряемый в последние годы анализ вариабельности сердечного ритма.

### **1.2. Принципы тестирования в спорте**

Процедура выполнения теста называется тестированием, *результатом тестирования является численное значение*, полученное в ходе измерений. В зависимости от цели все тесты подразделяются на несколько групп.

*В первую* из них входят показатели, *измеряемые в покое.* К таким тестам относятся показатели физического развития (длина и масса тела, толщина жировых складок, объем мышечной и жировой ткани и т. д.); показатели, характеризующие функционирование основных систем организма (частоту сердечных сокращений, состав крови, мочи и т. п.). В эту же группу входят психические тесты. Информация, получаемая с помощью этих тестов, является основной, во-первых, для оценки физического состояния занимающихся, во-вторых, для сравнения значений, полученных при выполнении нагрузки. При этом *уровень покоя принимается за базовый* и относительно него ведутся расчеты.

*Вторая группа* – это стандартные тесты, когда всем спортсменам предлагается выполнить *одинаковое задание* (например, в течение одной минуты подтянуться на перекладине 10 раз или другие требования). Специфическая особенность этих тестов заключается в выполнении неопредельной нагрузки, и следовательно, отсутствует мотивация на достижение максимально возможного результата.

Результат такого теста зависит от способа задания нагрузки: если задается механическая её величина, то измеряются медико-биологические показатели. Если же нагрузка теста задается по величине сдвигов медико-биологических показателей, то измеряются физические величины нагрузки (время, расстояние и т. п.).

*Третья группа* – это тесты, при выполнении которых нужно показать *максимально возможный двигательный результат*, а измеряются значения *различных функциональных систем* (ЧСС, МПК и т. д.). Особенность таких тестов – высокий психологический настрой (мотивация) занимающегося на достижение предельных результатов. Следовательно, все, что регистрируется при их выполнении, зависит как минимум от двух факторов:

1) уровня развития измеряемого качества (например, выносливости или техники и т. д.) и

2) мотивации.

Может оказаться так, что спортсмен, обладающий высоким уровнем выносливости, не продемонстрирует его в тесте: он прекратит работу в тесте «до отказа» задолго до исчерпания резервных возможностей, не проявив своих волевых качеств.

Оценка подготовленности по одному тесту проводится крайне редко. Как правило, используется несколько тестов, которые в этом случае принято называть комплексом или батареей тестов.

Тестирующие нагрузки должны *отвечать определенным метрологическим требованиям*.

**Первое требование.** Должна быть определена *цель применения любого теста* или комплекса тестов. Правильное определение цели тестирования содействует правильному подбору тестов. В спортивной метрологии существует три вида тестирования: этапный, текущий и оперативный и в каждом из них десятки вариантов тестирования. Поэтому комплекс тестов должен включать в себя показатели, характеризующие двигательные качества, уровень, а также структуру физической подготовленности, соотношение, взаимосвязь между ними соответствующие профессиональной подготовке занимающихся.

**Второе требование.** Следует разработать *стандартизированную методику измерений результатов в тестах и процедуру тестирования*. Это значит, что измерения различных сторон физической подготовленности спортсменов должны проводиться систематически, это дает возможность *сравнить значения показателей на разных этапах тренировки* и в зависимости от динамики приростов в тестах нормировать нагрузку. Эффективность нормирования зависит от точности результатов контроля, которые в свою очередь зависят от стандартности проведения тестов и измерения в них результатов. Для стандартизации методики тестирования следует соблюдать следующие требования: *режим дня предшествующего тестированию должен строиться по одной схеме*. Исключаются большие и средние нагрузки, но могут проводиться занятия восстановительного характера; разминка должна быть стандартной; тестирование должны проводить одни и те же, умеющие это делать люди; схема выполнения теста не изменяется от тестирования к тестированию; интервалы между попытками должны ликвидировать утомление; спортсмен должен показать в тесте максимально возможный результат.

**Третье требование.** Необходимо определить *надежность и информативность используемых тестов*. Надежность – это степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей в одинаковых условиях. Надежность – это, по сути дела, надежность оценки состояния человека, его способностей. Одно и то же двигательное качество можно измерить с помощью нескольких тестов. Например, максимальную скорость – по результатам пробега с ходу отрезков в 10, 20 и 30 м. Силовую выносливость – по числу подтягиваний на перекладине, отжиманий в упоре, количеству подъемов штанги в положении лежа на спине и т. д. Такие тесты называются эквивалентными. Эквивалентность теста определяется следующим образом: занимающиеся выполняют одну разновидность теста и затем, после небольшого отдыха, вторую и т. д. Если результаты оценок совпадают, то это свидетельствует об эквивалентности тестов.

**Информативность тестов.** В её определении необходимо ответить на вопросы о том, какие проявления физического состояния человека наиболее важны для учебной, трудовой и военной деятельности? Какими жизненно важными двигательными навыками должен владеть каждый человек? С помощью каких тестов можно оценить физическое состояние и двигательные навыки?

**Четвёртое требование.** Должна быть разработана *система оценок результатов в тестах*. Как правило, специалисты физического воспитания пользуются специальными таблицами оценки результатов по видам спорта: легкоатлетические многоборья, единая спортивная классификация, комплекс ГТО (незаслуженно забытый) и др. Оценки результатов можно разработать и самим преподавателям следующим образом. Проводятся массовые испытания, затем в каждой группе (по договоренности с экспертами) 20 % лучших результатов оценивают как отличную физическую подготовленность. Хорошие оценки проставляют в диапазоне от 41 до 80 %, удовлетворительный уровень от 11 до 40 %; неудовлетворительный – у оставшихся 10 % людей [1], для того чтобы рассчитать нормативы для классификаций, необходимо иметь полный диапазон результатов, показанных в данном виде тестирования от новичка до мирового рекордсмена.

**Пятое требование.** Необходимо указать *вид контроля* (оперативный, текущий или этапный).

1. Цель этапного контроля – получить информацию, на основании которой можно составить планы подготовки на период, этап или другой какой-то относительно длительный срок.

2. Основная задача текущего контроля – сбор и анализ информации, необходимой для планирования нагрузок или их коррекции. Измерения проводятся на каждом занятии или раз в неделю.

3. Оперативный контроль – экспресс-оценка состояния, в котором находится занимающийся физическими упражнениями в момент или сразу по окончании выполнения нагрузки (упражнений, серии упражнений и т. д.).

Проблема выбора и практического использования простых и информативных критериев, отражающих изменение физических качеств на различных этапах подготовки, чрезвычайно актуальна и значима. Многие специалисты убеждены, что тестирующие нагрузки должны отвечать определенным требованиям: быть простыми, надёжными, валидными (информативными), воспроизводимыми в динамике, специфичными, выполняемыми в естественных условиях, носить комплексный характер, а итоговая батарея тестов должна быть одинаковой на всех этапах подготовки в годичном цикле тренировки, учебного занятия. Для того чтобы определить уровень физической подготовленности, а затем в течение работы установить есть ли изменения, выявить их характер, необходимость корректирующих действий и осуществить их, необходим рациональный подбор тестов, которые должны отвечать следующим требованиям:

- объективно отражать качества и способности, для оценки которых они применяются;
- быть понятными тем, для кого они предназначены;
- естественно вписываться в учебный процесс, поскольку его построение и контроль за эффективностью взаимосвязаны и взаимообусловлены и ни один из них не может нормально существовать без другого;
- быть доступными для широкого использования без существенных временных затрат и нарушения качеств процесса занятия.

Если тестирование органически вписывается в учебное занятие, то тесты не только позволяют получать данные о состоянии спортсменов, но и являются действенными средствами повышения их функциональных возможностей и улучшения психологического состояния, связанного прежде всего с воспитанием волевых качеств. Из вышесказанного можно сделать следующее заключение: тестирующие нагрузки заключают в себе двойственную функцию. С одной стороны, они выполняют своё прямое назначение, а с другой, являясь органической частью физических упражнений, оказывают на организм занимающегося и тренирующее воздействие.

Непременным условием успешного использования тестов является ознакомление спортсменов с программой тестирования, методикой анализа результатов и т. д. Спортсмены должны получать задания регулярно, вести специальные дневники, в которые заносятся полученные данные по результатам тестирования. Это обеспечивает наглядность, информативность, значительно облегчает анализ динамики уровней, повышает интерес к занятиям по физическому совершенствованию, осознанному подходу к своему здоровью. *Деятельность тренера малоэффективна, если она не опирается на осознанные, самостоятельные и активные действия спортсмена.*

## Глава 2

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

#### 2.1. Механизмы адаптации организма к физическим нагрузкам

*Способность приспосабливаться к изменениям внешней и внутренней среды* является уникальным свойством организма человека. С позиций теории управления, биологическая адаптация представляет собой динамический колебательный процесс, сопровождающийся перестройкой функциональной системы гомеостаза на новый уровень регулирования. Одним из общебиологических механизмов, обеспечивающих протекание процесса адаптации, является вариабельность функционирования физиологических систем.

Несомненный интерес представляет понятие *общего адаптационного синдрома*, предложенное канадским ученым Гансом Селье (1960). Под последним он понимает совокупность защитных реакций организма человека или животных, возникающих в условиях стрессовых ситуаций. В адаптационном синдроме автор выделяет три стадии: стадию тревоги, обусловленную мобилизацией защитных сил организма; стадию резистентности, связанную с приспособлением человека к экстремальным факторам среды и стадию истощения, возникающую при длительном стрессе, что может привести к возникновению заболеваний и даже смерти.

Понятие «адаптация» тесно связано с представлением о *функциональных резервах*, т. е. скрытых возможностях человеческого организма, которые могут быть реализованы в экстремальных условиях.

Зная закономерности формирования функциональной системы, можно различными средствами эффективно влиять на отдельные ее звенья, ускоряя приспособление к физическим нагрузкам и повышая тренированность, т. е. управлять адаптационным процессом.

Знания в области изучения функционального состояния организма при занятиях физкультурой и спортом имеют первостепенное значение для специалистов в области физической культуры и спорта, так как позволяют решать вопросы профессиональной ориентации и отбора, допуска к оздоровительным и тренировочным занятиям, планировать режим двигательной нагрузки, исходя из уровня физической подготовленности и состояния здоровья организма. Эти знания важны также для занимающихся физической культурой и спортом с целью проведения самоконтроля в динамике физического совершенствования.

В физиологическом отношении адаптация к мышечной деятельности является системным ответом организма, направленным на достижение высокой тренированности и минимизацию физиологической цены за это. С этих позиций адаптацию к физическим нагрузкам следует рассматривать как динамический процесс, в основе которого лежит формирование новой

программы реагирования, а сам приспособительный процесс, его динамика и физиологические механизмы определяются состоянием и соотношением внешних и внутренних условий деятельности.

*Нагрузки, применяемые в процессе физической подготовки, выполняют роль раздражителя, возбуждающего приспособительные изменения в организме. Тренировочный эффект определяется направленностью и величиной физиологических и биохимических изменений, происходящих под воздействием применяемых нагрузок. Глубина происходящих при этом в организме сдвигов зависит от основных характеристик физической нагрузки:*

- интенсивности и продолжительности выполняемых упражнений;
- количества повторений;
- продолжительности и характера интервалов отдыха между повторением упражнений.

Определенное сочетание перечисленных параметров физических нагрузок позволяет добиться прогнозируемых изменений функционального состояния организма, улучшения обмена веществ и, в конечном итоге, повышения тренированности.

Процесс адаптации организма к воздействию физических нагрузок имеет *фазный характер*. Поэтому выделяют два этапа адаптации: срочный и долговременный (хронический).

Этап срочной адаптации сводится преимущественно к изменениям энергетического обмена и связанных с ним функций вегетативного обеспечения на основе уже сформированных механизмов их реализации, он представляет собой непосредственный ответ организма на однократные воздействия физических нагрузок.

При многократном повторении физических воздействий и суммировании многих следов нагрузок постепенно развивается долгосрочная адаптация. Этот этап связан с формированием в организме функциональных и структурных изменений, происходящих вследствие стимуляции генетического аппарата нагружаемых во время работы клеток. В процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам активируется синтез нуклеиновых кислот и специфических белков, в результате чего происходит увеличение возможностей опорно-двигательного аппарата, совершенствуется его энергообеспечение.

Установлено, что морфофункциональные перестройки при долговременной адаптации обязательно сопровождаются следующими процессами:

- изменением взаимоотношений регуляторных механизмов;
- мобилизацией и использованием физиологических резервов организма;
- формированием специальной функциональной системы адаптации к конкретной деятельности.

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. Вначале включаются обычные

физиологические реакции и лишь затем – реакции напряжения механизмов адаптации, требующие значительных энергетических затрат с использованием резервных возможностей организма, что приводит к формированию специальной функциональной системы адаптации, обеспечивающей конкретную деятельность человека.

*Фазовость протекания процессов* адаптации к физическим нагрузкам позволяет выделять три разновидности эффектов в ответ на выполняемую работу.

*Срочный тренировочный эффект*, возникающий непосредственно во время выполнения физических упражнений и в период срочного восстановления в течение 0,5–1,0 часа после окончания работы. В это время происходит устранение образовавшегося во время работы кислородного долга.

Такая реакция называется *срочной адаптацией*. Представление о срочной адаптации облегчит понимание постоянной адаптации, происходящей в организме, когда он сталкивается с повторяющимися циклами физических нагрузок, например, изменением функции сердечно-сосудистой системы после 6-месячных тренировочных нагрузок на развитие выносливости. Рассмотрим основные понятия и принципы, связанные как со срочными реакциями на физические нагрузки, так и с постоянной адаптацией к тренировкам.

Ни бегун высокого уровня, ни обычный любитель бега трусцой не занимаются бегом в условиях, позволяющих осуществить детальный физиологический контроль.

Лишь некоторые физиологические переменные можно контролировать во время выполнения физической нагрузки на площадке, причем некоторые из них можно точно измерить, не нарушая физическую деятельность. Например, средства радио телеметрии и миниатюрные магнитофоны можно использовать во время выполнения физической нагрузки для контроля:

- деятельности сердца (ЧСС и электрокардиограмма);
- частоты дыхания;
- внутренней температуры и температуры кожи;
- мышечной деятельности.

Последние разработки позволяют даже непосредственно контролировать потребление кислорода во время произвольной физической деятельности за пределами исследовательской лаборатории.

*Отставленный тренировочный эффект*, сущность которого составляет активизация физической нагрузкой пластических процессов для избыточного синтеза разрушенных при работе клеточных структур и восполнение энергетических ресурсов организма. Этот эффект наблюдается на поздних фазах восстановления (обычно в пределах до 48 часов после окончания нагрузки).

*Кумулятивный тренировочный эффект* – является результатом последовательного суммирования срочных и отставленных эффектов повторяющихся нагрузок. В результате кумуляции следовых процессов физических воздействий на протяжении длительных периодов тренировки (более одного месяца) происходит прирост показателей работоспособности и улучшение спортивных результатов.

Небольшие по объему физические нагрузки не стимулируют развитие тренируемой функции и считаются неэффективными. Для достижения выраженного кумулятивного тренировочного эффекта необходимо выполнить объем работы, превышающий величину неэффективных нагрузок.

Дальнейшее наращивание объемов выполняемой работы сопровождается, до определенного предела, пропорциональным увеличением тренируемой функции. Если же нагрузка превышает предельно допустимый уровень, то развивается состояние перетренированности, происходит срыв адаптации.

*Адаптивные перестройки* – динамический процесс, поэтому в динамике адаптационных изменений у спортсменов целесообразно выделять несколько стадий (физиологического напряжения организма, адаптированности, дизадаптации и реадаптации), каждой из которых присущи свои функционально-структурные изменения и регуляторно-энергетические механизмы. Естественно, основными стадиями, имеющими принципиальное значение в спорте следует считать две первые стадии. Применительно к общей схеме адаптации эти стадии проходит человек в процессе приспособления к любым условиям деятельности.

Стадия физиологического *напряжения* организма характеризуется преобладанием процессов возбуждения в коре головного мозга и распространением их на подкорковые и нижележащие двигательные и вегетативные центры, возрастанием функции коры надпочечников, увеличением показателей вегетативных систем и уровня обмена веществ. На уровне двигательного аппарата характерным для этой стадии является увеличение числа активных моторных единиц, дополнительное включение мышечных волокон, увеличение силы и скорости сокращения мышц, увеличение в мышцах гликогена, АТФ и креатинфосфата. Спортивная работоспособность – неустойчива.

В *стадии напряжения* организма основная нагрузка ложится на регуляторные механизмы. За счет напряжения регуляторных механизмов осуществляется приспособление физиологических реакций и метаболизма к возросшим физическим нагрузкам. При этом в некоторых случаях изменения функций организма могут носить выраженный характер.

У спортсменов в стадии напряжения организма преобладают процессы возбуждения в коре головного мозга, возрастают функции коры надпочечников, увеличиваются показатели вегетативных систем и уровень обмена веществ; спортивная работоспособность неустойчива. В эндокринном фоне преобладают продукция катехоламинов и глюкокортикоидов, которым принадлежит ведущая роль в адаптивных сдвигах углеводного обмена. Одновременно эти гормоны повышают активность гормоночувствительной липазы жировой ткани.

Возросший жиромобилизирующий эффект подготавливает следующую метаболическую фазу приспособительных изменений – фазу усиления липидного обмена, что соответствует преимущественно стадии адаптированности организма. Физиологическую основу этой стадии составляет вновь

установившийся уровень функционирования различных органов и систем для поддержания гомеостаза в конкретных условиях деятельности. Определяемые в это время функциональные показатели в состоянии покоя не выходят за рамки физиологических колебаний, а работоспособность спортсменов стабильна и даже повышается. Следовательно, в процессе долговременной адаптации спортсменов к физическим нагрузкам гормоны играют ведущую роль в механизмах переключения энергетического обмена с углеводного типа на жировой. При этом если катехоламины подготавливают такое переключение, то глюкокортикоиды его реализуют.

*Стадия адаптированности* организма в значительной мере тождественна состоянию его тренированности. Другими словами, в основе развития тренированности лежит процесс адаптации организма к физическим нагрузкам. Физиологическую основу этой стадии составляет вновь установившийся уровень функционирования различных органов и систем для поддержания гомеостаза в конкретных условиях деятельности. Определяемые в это время функциональные сдвиги не выходят за рамки физиологических колебаний, а работоспособность спортсменов стабильна и даже повышается.

*Стадия дизадаптации* организма развивается в результате перенапряжения адаптационных механизмов и включения компенсаторных реакций вследствие интенсивных тренировочных нагрузок и недостаточного отдыха между ними. Процесс дизадаптации по сравнению с процессом приспособления развивается, как правило, медленнее, причем сроки его наступления, продолжительность и степень выраженности функциональных изменений при этом отличаются большой вариативностью и зависят от индивидуальных особенностей организма. Стадия дизадаптации характеризуется еще и тем, что отсутствуют признаки активации нервной и эндокринной систем и имеет место некоторое снижение общей функциональной устойчивости организма. Это состояние может быть отнесено к предболезненному. При дизадаптации наблюдаются эмоциональная и вегетативная неустойчивость, раздражительность, вспыльчивость, головные боли, нарушение сна. Снижается умственная и физическая работоспособность.

Процесс дизадаптации является результатом того, что биосоциальная плата за адаптацию к интенсивным тренировочным и соревновательным нагрузкам вышла за пределы физиологических резервов организма и выдвинула перед ним новые проблемы. Конечный исход дизадаптационных расстройств может протекать с достаточной еще способностью к восстановлению всех функций организма и работоспособности, что чаще всего и наблюдается у спортсменов. В других случаях дизадаптация будет иметь скрытые дефекты, которые выявляются только с течением времени под влиянием или очень высоких нагрузок, или какой-то дополнительной вредности. И, наконец, дизадаптация может закончиться стойкими неблагоприятными изменениями функций организма, снижением или утратой спортивной работоспособности. Очевидно, стадия дизадаптации по своим патофизи-