А.П. Шкляренко

курс лекций

Физиология физического воспитания и спорта

Учебное пособие

9 785938 569164

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Филиал в г. Славянске-на-Кубани

А.П. Шкляренко

ФИЗИОЛОГИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И СПОРТА (курс лекций)

Учебное пособие

Ульяновск
Зебра
2025

УДК 796.012
ББК 75.0
Ш 669

Рецензенты:
Т. Г. Коваленко, доктор педагогических наук, профессор,
Волгоградский государственный университет;
С. Б. Богданов, доктор медицинских наук, профессор,
Кубанский государственный медицинский университет.

Ш 669 Физиология физического воспитания и спорта (курс лекций): учебное пособие / А. П. Шкляренко; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет, филиал в г. Славянске-на-Кубани. – Ульяновск: Зебра, 2025. – 212 с.

ISBN 978-5-93856-916-4

Учебное пособие написано в соответствии с программой изучения дисциплины «Физиология физического воспитания и спорта». Большое внимание уделено физиологии ЦНС и нервно-мышечной системы, терморегуляции и акклиматизации, гормональной регуляции при физической деятельности, другим вопросам, касающимся физической работы, физиологическим изменениям в функциональных системах и органах под влиянием физических нагрузок. Дана характеристика адаптационным процессам и состояния организма в различные периоды онтогенеза при занятиях оздоровительной физической культурой.

Учебное пособие адресовано студентам, обучающимся по направлению подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование», направленность образовательной программы «Физическая культура».

УДК 796.012
ББК 75.0

© Шкляренко А. П., 2025.
© Кубанский государственный университет,
Филиал в г. Славянске-на-Кубани, 2025.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие..... 4
Глава I. Физиологические эффекты двигательной деятельности (вводная лекция)... 6
Глава II. Методы исследования ЦНС, нервно-мышечного аппарата и физической работоспособности……..……... 18
Глава III. Физиология мышечной деятельности …….. 29
Глава IV. Физиологические аспекты в управлении двигательными действиями…... 46
Глава V. Влияние физических нагрузок на сердечно-сосудистую систему и систему крови……... 54
Глава VI. Влияние физических нагрузок на органы системы дыхания……... 64
Глава VII. Влияние физических нагрузок на пищеварительные процессы и обмен веществ……... 70
Глава VIII. Гормональные аспекты и физическая деятельность……... 76
Глава IX. Классификация и функциональная характеристика физических упражнений, повышение тренированности…… 80
Глава X. Функциональные состояния организма при спортивной деятельности…... 90
Глава XI. Механизмы общей и структурной адаптации к физическим нагрузкам…… 100
Глава XII. Физиологическая характеристика основных физических качеств……. 109
Глава XIII. Позы и локомоции в двигательной деятельности человека……... 124
Глава XIV. Физиологическая характеристика двигательного навыка……..... 132
Глава XV. Физиологическая характеристика двигательной деятельности при занятиях спортом……... 143
Глава XVI. Физическая работоспособность спортсменов в различных условиях среды……... 152
Глава XVII. Иммунитет, физическая активность и резервы организма……... 158
Глава XVIII. Влияние спортивных нагрузок на физиологические параметры организма женщин……..... 165
Глава IXX. Физиологические аспекты занятий физической культурой и спортом в различные периоды онтогенеза…… 173
Глава XX. Физиологические аспекты оздоровительной физической культуры…….. 186
Заключение……. 192
Рекомендуемая литература……..... 193
Словарь физиологических терминов……... 195
Должные величины функциональных показателей……... 206
Основные единицы СИ……. 210
Список сокращений……..…….. 211

ПРЕДИСЛОВИЕ

Физиология физического воспитания и спорта – это специальный раздел физиологии человека, изучающий изменения функций организма и их механизмы под влиянием мышечной (спортивной) деятельности, и обосновывающий практические мероприятия по повышению ее эффективности.

Физиология спорта по своему месту в системе подготовки специалистов по физической культуре и спорту связана с тремя группами учебных и научных дисциплин. Первую группу составляют фундаментальные науки, на которых базируется физиология физического воспитания и спорта, она и использует их теоретические достижения, методики исследования и сведения о факторах среды, с которыми взаимодействует организм спортсмена в процессе тренировочной и соревновательной деятельности. К числу таких дисциплин следует отнести биологию, физиологию человека, химию и физику. Во вторую группу входят учебные и научные дисциплины, взаимодействующие с физиологией физического воспитания и спорта таким образом, что они взаимно обогащают или дополняют друг друга. В этом плане физиология физического воспитания и спорта тесно связана с анатомией, биохимией, биомеханикой, гигиеной и психологией. И, наконец, третью группу дисциплин, с которыми связана физиология физического воспитания и спорта, составляют те из них, которые используют её научные достижения и методики исследования в своих целях. К ним относятся теория и методика физической культуры, педагогика, спортивно-педагогические дисциплины, спортивная медицина, лечебная физическая культура и массаж.

Физиология физического воспитания и спорта занимает важное место в теории физической культуры, составляя фундамент знаний, необходимых тренеру и преподавателю для достижения высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов. Поэтому тренер и педагог должны хорошо знать о физиологических процессах, происходящих в организме спортсмена во время тренировочной и соревновательной деятельности с тем, чтобы научно обоснованно строить и совершенствовать эту работу, уметь аргументировать свои распоряжения и рекомендации, избегать переутомления и перенапряжения и не причинить вреда здоровью тренирующихся. Они также должны понимать суть изменений, возникающих в организме спортсмена в реабилитационном периоде, чтобы активно и грамотно влиять на них, ускоряя восстановительные реакции. Знание основ физиологии физического воспитания и спорта необходимо каждому человеку для успешных занятий физической культурой и спортом, и особенно лицам, имеющим отклонения в состоянии здоровья.

Учебное пособие содержит материалы по физиологии возбудимых тканей, физиологии сенсорных рецепторов, нервных волокон, синапсов, общей и частной физиологии ЦНС, эндокринным железам. Особое внимание уделено вопросам физиологии движений, что обосновано целевым назначением данного учебного пособия. Следует также отметить, что это ключевой раздел для глубокого понимания механизмов деятельности всех органов и систем организма. Ряд глав посвящены физиологии внутренних органов и систем организма – это система крови, дыхания, сердечно-сосудистая система, обмен веществ и энергии. Особое внимание уделено описанию физиологической характеристики таких качеств, как выносливость, скорость, сила; физиологической характеристике различных видов спорта (циклические, ациклические, единоборства и других); аэробным и анаэробным фазам при различных

физических нагрузках и внешних факторах. В учебном пособии представлены информативные тесты для контроля над функциональным состоянием организма спортсмена.

При подготовке учебного пособия использовались труды отечественных физиологов: Н. А. Бернштейна, С. И. Гальперина, Н. В. Зимкина, В. С. Гурфинкеля, В. С. Фарфеля, А. Н. Крестовникова, Н. А. Фомина, В. М. Смирнова, В. И. Дубровского, Я. М. Коца, Е. К. Аганянц, Р. М. Городничева и других.

Учебное пособие адресовано студентам, обучающимся по направлению подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование», направленность образовательной программы «Физическая культура».

Глава I. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (вводная лекция)

Поведение живых существ чаще всего представляется в виде координированных мышечных действий. И. М. Сеченову принадлежит утверждение о том, что «все внешние проявления мозговой деятельности могут быть сведены на мышечное сокращение». Однако роль мышечной системы не ограничивается передвижением. Мышца – орган с двойной ролью: рабочей машины и органа чувств. Согласно И. М. Сеченову мышца является анализатором пространства и времени.

Движение – важнейшее проявление жизнедеятельности организмов. В процессе эволюции из инструмента взаимодействия с внешней средой оно превратилось в один из ведущих гомеостатических факторов. Гомеостаз напряжения, сопровождающий мышечную деятельность, является необходимым условием поддержания гомеостаза покоя. Накоплен огромный материал, свидетельствующий о том, что ограничение подвижности – гипокинезия приводит к серьезным нарушениям метаболизма, функционирования физиологических систем, высшей нервной деятельности и процессов адаптации. Регулярные физические нагрузки оптимизируют функциональное состояние организма.

Локомоция является важнейшей формой двигательной активности с точки зрения приспособительного значения. Локомоции отличаются от других видов движения большей интенсивностью воздействия на вегетативные функции и биоэнергетику организма. Для человека характерно четыре вида локомоций – ходьба, бег, прыжки и лазанье. Их комбинации обеспечивают все многообразие двигательной деятельности. Для количественного выражения локомоций используют термин – локомоторная активность. Под ней понимается количественный эквивалент локомоций (в виде преодоленного пути, энерготрат и так далее), отнесенный к единице времени. Термины: двигательная, физическая, мышечная активность используются, как правило, в качестве синонимов локомоторной активности, так как именно эта форма движений превалирует над остальными.

Снижение двигательной активности – гипокинезия рассматривается в настоящее время как важнейший фактор риска многих заболеваний. Экспериментальными исследованиями установлено, что ограничение подвижности вызывает неблагоприятные изменения во всех органах и системах организма. Убедительно доказано, что регулярные физические нагрузки являются эффективным средством профилактики и лечения многих других патологических состояний. В настоящее время мы не знаем физиологического метода стимуляции различных систем человеческого организма, чем мышечная деятельность.

Оздоровительная эффективность физических нагрузок на некоторое время отвлекла исследователей от хорошо известного из практики неблагоприятного воздействия на организм чрезмерного мышечного утомления. Физическая работа – стресс, который закономерно приводит к стадии истощения, при передозировании нагрузок. Адаптация к высокоинтенсивным и продолжительным физическим нагрузкам может иметь чрезвычайно высокую «цену», что выражается в прямом «изнашивании» функциональной системы, на которую падает нагрузка, и в состоянии отрицательной перекрестной адаптации – нарушении функциональных систем и адаптивных реакций, не связанных непосредственно с физической нагрузкой. Гиперкинезия оказывает неблагоприятное воздействие на все органы и системы организма, способствует возникновению заболеваний.

Остро возникающие, высокоэффективные нагрузки могут вызвать прямое повреждение структур сердца и мышц. Продолжительные изнуряющие статические нагрузки приводят к снижению выносливости, а динамические – к повышенному утомлению. Предельные физические нагрузки сопровождаются нарушением высшей нервной деятельности.

Таким образом, как недостаток, так и избыток мышечной активности оказывает неблагоприятное влияние на организм. Из этого следует, что существует некоторый оптимальный уровень физической активности, который оказывает максимально благоприятный эффект.

Что же понимается в настоящее время под оптимальной физической активностью? Прежде всего, оптимальная нагрузка – индивидуальна. Она должна учитывать особенности жизнедеятельности, состояния, возможности и способности индивида. Можно считать, что по отношению к режиму двигательной активности оптимальность и индивидуальность являются синонимами.

По этой причине неприемлемым для оптимизации физической активности человека является гигиенический подход. Он направлен на установление средних значений этой активности для различных групп населения и выработку на их основе нормативов. Очевидно, что нормативы двигательной активности складываются под влиянием тех же социальных факторов, которые и приводят к её недостатку или избытку. Поэтому вычленение индивидуального оптимума на основе средних показателей невозможно. Гигиенические нормативы могут служить лишь определенным ориентиром, характеризующим норму реакции.

Другой подход ориентирован на достижение благоприятного оздоровительного результата. В соответствии с этим под оптимальной двигательной активностью принимается такой её уровень, который способен дать максимальный оздоровительный эффект. Следовательно, оптимальная двигательная активность должна обеспечить нормальное развитие и функционирование организма для сохранения здоровья и совершенствования различных процессов жизнедеятельности, компенсацию возрастных изменений в организме. Приведенные определения подчеркивают целевую направленность поиска оптимальных нагрузок – достижение оптимального уровня здоровья спортсмена. Но, также как и большинство определений понятия здоровья они неконкретны и малопригодны для практического использования.

Наибольшее практическое применение получил подход, основанный на представлении об оптимальности физической деятельности как области устойчивых состояний, расположенной между минимальным и максимальным уровнем двигательной активности, и, обеспечивающей тренирующий эффект. Согласно этому подходу оптимальной является такая физическая деятельность, которая дает тренирующий эффект, увеличивает физическую работоспособность, оказывает максимальное стимулирующее действие на какой-либо орган, систему и функцию. Эта группа определений оптимальной физической нагрузки отличается тем, что подразумевает конкретные ориентиры достижения максимального значения потребления кислорода, частоты сердечных сокращений и так далее. Вопрос заключается в том, насколько выбранные ориентиры адекватны потребностям организма спортсмена. Представленное направление оптимизации физической активности сыграло очень важную роль в разработке, прежде всего эффективных и безопасных режимов мышечной деятельности. Однако отмечается, что проблема оптимизации и индивидуализации оздоровительных физических воздействий не может считаться решенной.

Прежде всего, недостаточным для дальнейшей оптимизации двигательных режимов является уровень индивидуализации. Допустим, что для большинства

оптимальной нагрузкой является такая, которая составляет 75 % от максимального потребления кислорода. Но согласно математическим законам распределения найдется достаточное число индивидов, для которых оптимум будет лежать значительно выше и значительно ниже этой величины. Кроме того, выборки, на которых устанавливается критерий оптимальности нагрузки, не всегда сопоставимы с другими группами. Фактическое значение критерия оптимальности будет зависеть от того, на каком контингенте он получен, репрезентативности выборки, возраста, пола, физической подготовленности испытуемых, места, времени и условий измерения, оснащенности, подготовленности специалистов и так далее. Как следствие этого – диапазон мощности оптимальной для развития аэробных возможностей нагрузки колеблется в очень широких пределах – от 40 до 90 % от максимального потребления кислорода; продолжительность – от 10 минут до 1,5 часов, краткость – от 1 до 7 раз в неделю. Рекомендации в отношении оптимальности оздоровительных физических нагрузок очень часто пересматриваются.

Другой недостаток анализируемого подхода к оптимизации физической активности – ориентация на отдельные показатели. Современный подход требует интегративной оценки субъекта как целого, как гармоничного единства психического и физического. Большинство же рекомендаций по подбору оптимальных двигательных режимов основано на учете эффекта в отношении отдельных органов, систем или функций. Неясно, например, насколько максимальное развитие аэробной работоспособности благоприятствует развитию интеллекта.

Таким образом, существующие подходы к оптимизации физических нагрузок уже не удовлетворяют современным требованиям. Дальнейшее продвижение в этой области требует новых методик. Для их создания необходимо углубленное исследование физиологических закономерностей регулирования физической активности.

Двигательная деятельность имеет исключительное физиологическое назначение, так как движение является наиболее эффективным средством приспособления к среде. В своей последней работе «К вопросу о влиянии раздражения чувствующих нервов на мышечную работу человека» И. М. Сеченов показал значение импульсов, возникших в работающих мышцах, для поддержания адекватного условиям функционального состояния нервных центров. По его мнению, в результате возникших при работе мышц афферентных импульсов происходит «зарядка энергией нервных центров». Большую роль неосознаваемых кинестетических импульсов для поддержания общего тонуса центральной нервной системы, и в частности коры больших полушарий, отмечал И. П. Павлов. Установлено, что одна только иммобилизация, без ограничения зрительных и слуховых раздражений снижает эффективность счетных операций, внимания, приводит к персеверации мыслей и образов, нарушению чувства времени, появлению тревоги, раздражительности и психоэмоциональной лабильности. Иммобилизация переносится более тяжело, чем обычные условия сенсорной изоляции. В экспериментах на животных было показано, что перерезка зрительных, слуховых, вестибулярных, обонятельных нервов и даже блуждающего нерва существенно не отражается на афферентной ретикулярной импульсации в кору головного мозга. В то время как устранение импульсов от кожи до мышц, иннервируемой пятой парой черепно-мозговых нервов немедленно приводит к торможению ретикуло-кортикальных восходящих влияний. Благодаря тесным структурно-функциональным связям моторного анализатора с лимбической системой мышцы принимают участие в регуляции эмоциональных состояний. Ограничение двигательных реакций на этом этапе снижает приспособительные возможности и увеличивает риск возникновения стрессорных повреждений. Ещё И. П. Павловым было

замечено, что определенная физическая деятельность сопровождается принятыми ощущениями, возникновением особого эмоционально-позитивного состояния, обозначенного им как «мышечная радость».

Мышечная активность способствует снижению тревожности, эмоционального напряжения, оказывает антистрессорный эффект и нормализует психо-эмоциональную сферу, снижает агрессивность, увеличивает уверенность в себе и улучшает самооценку, способствует снятию фрустраций. Эмоциональное возбуждение закономерно подготавливает организм к мышечной активности, хотя и не сводится к её вегетативно-энергетическому обеспечению. После физической активности возникает состояние нервно-мышечной релаксации. В то же время напряжение поперечнополосатых мышц способствует развитию диффузной тревоги и активации поперечнополосатой и автономной мускулатуры по системе обратной связи. Таким образом, мышечная деятельность оказывает существенное влияние и является необходимой для поддержания адекватного тонуса центральной нервной системы и психоэмоционального состояния, функционирования сенсорных систем и обеспечения целенаправленного поведения.

Выраженное воздействие движение оказывает влияние и на внутреннюю среду. Оно сопровождается смещением пластических констант от уровня характерного для гомеостаза покоя к состоянию, соответствующему гомеостазу деятельности. Выраженность изменений во внутренней среде при движении зависит от интенсивности мышечной деятельности и индивидуальной реактивности организма на физическую нагрузку, которая отражает уровень тренированности. Поэтому о величине нагрузки судят по состоянию физиологических параметров, отражающих реакцию на неё организма. Чаще всего для этой цели используют частоту сердечных сокращений или потребление кислорода. Причем величину нагрузки выражают в процентах к индивидуальному максимуму этих параметров. Различают физическую работу легкой и средней тяжести, субмаксимальную и супермаксимальную. При физической деятельности легкой и средней тяжести потребление кислорода составляет 20–30 % и 30–60 % от максимального значения, соответственно. К субмаксимальной относят работу с потреблением кислорода 70–90 % от максимального уровня. Максимальная нагрузка соответствует мощности, при дальнейшем увеличении которой потребление кислорода более не возрастает, то есть достигает максимума. Это значение потребления кислорода принимают за 100 %. Возможно непродолжительное увеличение нагрузки выше уровня соответствующего максимальному потреблению кислорода.

При продолжительном воздействии максимальными нагрузками происходит смещение «жестких» констант внутренней среды. Выраженность реакции на нагрузку зависит от её величины, но направленность изменений при любых нагрузках однотипна. Наиболее подробно изучена реакция на физическую нагрузку сердечно-сосудистой и дыхательной системы. Это связанно с тем, что состояние именно этих систем определяет физическую работоспособность. При переходе от состояния покоя к состоянию деятельности учащаются сердечные сокращения, возрастает систолический и минутный объем сердца, систолическое и пульсовое артериальное давление, венозный приток крови к сердцу, снижается периферическое сосудистое сопротивление, происходит перераспределение кровотока в пользу мышечной системы. При этом учащается дыхание, возрастает дыхательный и минутный объемы, количество потребленного кислорода. При относительно непродолжительных нагрузках легкой и средней тяжести, когда энергообеспечение мышечной деятельности осуществляется аэробно, путем окисления жирных кислот и глюкозы, существенных изменений биохимических параметров не обнаруживается. Дальнейшее увеличение интенсивности нагрузки сопровождается переключением на анаэробный путь

энергообеспечения, за счет гликолиза. Включение анаэробного механизма сопровождается увеличение в крови концентрации кислых продуктов обмена, в основном молочной кислоты (лактата), что обозначается как порог аэробного обмена.

Таким образом, субмаксимальная, максимальная и супермаксимальная нагрузка, протекают в условиях анаэробного энергообеспечения и сопровождаются увеличением в крови концентрации лактата и сдвигом кислотно-щелочного равновесия. При этом смещается такая «жесткая» константа, как pH. Рассмотренные изменения во внутренней среде не исчерпывают их многообразия.

Анализ целесообразности, цели и значения реакции вегетативных систем организма на мышечную деятельность затруднителен без использования системного подхода. Наиболее плодотворным методом системного анализа является теория функциональных систем.

Функциональные системы организма представляют динамические, саморегулирующиеся организации, все основные компоненты которых взаимодействуют и обеспечивают достижение полезных для организма результатов. Полезный приспособительный результат является системообразующим фактором и ведущим показателем деятельности функциональных систем. Мышечная деятельность обеспечивается сложной иерархией функциональных систем, включающих большой спектр взаимодействующих систем низшего порядка, достаточный и необходимый для достижения определенного биологического или социально значимого конечного приспособительного результата. Основными компонентами этой системы являются:

– функциональная система мышечного сокращения, конечным результатом которой является скоординированное сокращение и расслабление различных мышц тела, приводящеё к перемещению всего организма и его частей;

– функциональная система энергетического обеспечения движения; функциональная система пластического обеспечения мышечной деятельности;

– комплекс функциональных систем обеспечения оптимальных количеств форменных элементов крови, оптимальной массы крови, pH, кровяного давления, терморегуляции, свертывания крови, мочеобразования и мочевыделения и другие.

Каждая из систем имеет свои конечные результаты, которые взаимодействуя между собой, обеспечивают конечный приспособительный результат мышечной деятельности в целом.

Поведенческие и социальные результаты двигательной деятельности образуют системы высшего порядка, которые основаны на системах, имеющих конечной целью получение метаболических и гомеостатических результатов. Достижение этих результатов обеспечивает соответствие интенсивности мышечной деятельности возросшим обменным потребностям организма, направленным на её осуществление. Взаимодействие функциональных систем в процессе мышечной деятельности нарушает гомеостаз покоя и формирует качественно новое состояние внутренней среды, – гомеостаз деятельности, который осуществляет энергетическое обеспечение мышечной деятельности и одновременно создает условия для восстановления гомеостаза покоя.

Эволюционно движение возникло как эффективный инструмент поддержания постоянства внутренней среды: обеспечение внешней среды питательными веществами и засорение её продуктами обмена требовало активного перемещения для обогащения внешней среды с целью сохранения постоянства внутренней.

Однако усложнение организмов и их поведения требовало увеличения двигательной активности и удельного веса мышечной ткани, что сопровождалось нарушением гомеостаза покоя для обеспечения полезного приспособительного результата. В конце концов, у высших животных движение превратилось в самый сильный фактор воздействия на внутреннюю среду. Более того, движение и связанное с

ним нарушение равновесия по внутренней среде стало необходимым условием поддержанием этого равновесия. Другими словами мышечная деятельность явилась условием сохранения постоянства внутренней среды. Периодическое «возмущение» внутренней среды в связи с движением стало необходимым для поддержания устойчивого равновесия во внутренней среде. Поэтому гипокинезия неминуемо приводит к нарушению гомеостаза и патологическим процессам.

В ходе эволюции движение приобрело двоякую функцию. Возникнув как инструмент поведения, обеспечивающий реализацию потребностей организма, оно превратилось в важнейший фактор регуляции внутренней среды. Мышечная деятельность стала не только самым эффективным, но и самым физиологическим способом совершенствования регуляторных механизмов человека. Приведенные выше положения находят подтверждения в физиологических потребностях индивидуального развития. На основе анализа экспериментального материала И. А. Аршавский пришел к выводу о том, что если бы метаболические циклы в живых системах, состоящие из катаболических и анаболических фаз, имели характер завершенного кольца, то никакого движения внутренней энергии в ходе онтогенеза и, следовательно, процессов роста и развития не было бы. Им сформулировано энергетическое правило скелетных мышц, физиологический смысл которого заключается в том, что каждое движение, начиная с зиготы, стимулируется ли оно эндогенно или экзогенно, является фактором функциональной индукции избыточного анаболизма. Последний фактор имеет две формы. Первая заключается в избыточном накоплении массы, что обуславливает процесс роста и тем самым и увеличение в системе внутренней энергии. Вторая выражается в избыточном накоплении структурно-энергетических потенциалов, или структурной энергии, увеличивающей в процессе онтогенеза свободную энергию. Особенности энергетики и соответствующий уровень физиологических отправлений различных вегетативных систем, органов и организма в целом в каждом возрастном периоде определяется текущими особенностями функционирования скелетной мускулатуры.

Таким образом, движение наряду с реализацией текущих потребностей организма оказывает воздействие на его метаболические процессы, обеспечивающие декодирование индивидуальной генетической программы, рост и развитие.

Физическая деятельность сопровождается изменением состояния эндокринной системы. Под влиянием физической деятельности в крови, как правило, возрастает концентрация катехоламинов, соматотропного гормона, глюкагона, ренина и альдостерона, эстрогенов. Напротив, концентрация в крови инсулина под влиянием нагрузок понижается. Описанные эффекты зависят от интенсивности и продолжительности физической деятельности. Существует пороговая интенсивность. При физических нагрузках ниже этого уровня не удается обнаружить реакции со стороны нейроэндокринной системы. По величине порог активации эндокринной системы близок к величине порога анаэробного обмена. Чем меньше величина нагрузки, тем больше требуется времени для того, чтобы она вызвала изменения со стороны нейроэндокринной системы. Однако существует минимальное время, необходимое для реакции со стороны этой системы даже при высокоинтенсивных, сверхпороговых нагрузках. Это время различное для разных пептидов и гормонов.

Использование теории адаптации для анализа реакции на мышечную деятельность регуляторных систем позволяет понять направленность, физиологический смысл и значение указанных изменений. В соответствии с этой теорией физическая нагрузка представляет собой стресс, который сопровождается развертыванием общей неспецифической реакции организма – адаптационного синдрома. Различают «срочную» и «долговременную» адаптацию.

«Срочная» адаптация – начальная, аварийная стадия приспособления к физической нагрузке. Этот этап характеризуется максимальной мобилизацией функциональной системы ответственной за адаптацию, выраженной стресс-реакцией и двигательным возбуждением. В ответ на нагрузку возникает интенсивное иррадиирущее возбуждение корковых, подкорковых и нижележащих двигательных центров, приводящеё к генерализованной, но не достаточно координированной двигательной реакции. Возбуждение нервной системы приводит к активации стресс – реализующих систем: адренергической, гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной.

Нейрогуморальные перестройки в период срочной адаптации к физической нагрузке обеспечивает активацию синтеза нуклеиновых кислот и белков, что приводит к избирательному росту определенных структур в клетках органов функциональной системы адаптации – формирование системного структурного «следа» долговременной адаптации. В результате при повторяющихся физических нагрузках происходит увеличение мощности и экономичности деятельности функциональной системы адаптации. Увеличивается скорость и амплитуда сокращения дыхательных мышц и как следствие возрастает жизненная емкость легких, максимальная вентиляция, коэффициент утилизации кислорода и аэробная мощность в целом. Увеличивается функциональные возможности саркоплазматического ретикулума миокарда. Благодаря этому возрастает скорость сокращения и расслабления сердца при нагрузках, ударный и минутный объемы. Эти изменения являются результатом физических тренировок и обуславливают формирование стадии устойчивой долговременной адаптации к физическим нагрузкам.

Описанные выше закономерности адаптации к физической деятельности могут иметь существенные особенности в зависимости от величины нагрузок. Увеличение интенсивности нагрузок выше определенного оптимального уровня сопровождается возрастанием «цены» адаптации.

Таким образом, движение представляет собой сформировавшийся в процессе эволюции наиболее эффективный способ адаптации организма к внешней среде. Основное проявление поведения – локомоции, выступая в качестве инструмента реализации потребностей, одновременно являются мощным регулятором внутренней среды.

Под влиянием мышечной системы в филогенезе происходило формирование и развитие всех систем организма, включая нервную систему. За счет избыточного анаболизма двигательная активность создает необходимые условия для роста и развития организмов. Она является эффективным средством поддержания адекватного условиям существования функционального состояния органов, физиологических систем и организма в целом, необходимым фактором обеспечения гомеостаза.

Физическая активность вызывает структурно-функциональные перестройки в организме, приводящие к формированию устойчивой долговременной адаптации к физическим нагрузкам (тренированности) и перекрестной адаптации ко многим другим стресс-факторам. Она является наиболее физиологичными и одним из самых эффективных способов профилактики и лечения. Однако при передозировании нагрузок движение превращается в «грозный» патогенетический фактор, вызывающий повреждение многих органов и систем организма и приводящий к заболеваниям. Положительное воздействие на организм оказывают лишь оптимальные по величине и продолжительности физические нагрузки.

Дальнейшее развитие представления о закономерностях регуляции двигательной активности получили в работах И. А. Аршавского. Им сформулировано энергетическое правило скелетных мышц, согласно которому состояние и развитие организма в

каждом возрастном периоде детермируется функционированием мышечной системы; каждое движение является фактором индукции избыточного анаболизма, обеспечивающего избыточное восстановление структур и энергии после движения в результате чего, становится возможным рост и развитие организмов. Это правило действует на протяжении всего онтогенеза, начиная с эмбрионального периода.

Периодически осуществляющаяся двигательная активность в раннем постнатальном возрасте является формой адаптации к температуре среды. Эта адаптация в раннем возрасте осуществляется за счет увеличения мышечного тонуса, частоты и амплитуды двигательной активности. В свою очередь двигательная активность обеспечивает адаптацию к температуре среды, а так же стимуляцию роста и развития организма за счет индукции избыточного анаболизма. Следовательно, после рождения регуляция двигательной активности организма усложняется. Наряду с гомеостатическими факторами важную роль приобретают факторы внешней среды. В ранний период после рождения основным экзогенным стимулятором двигательной активности является температура среды. Период онтогенеза после реализации позы стояния характеризуется дальнейшим возрастанием удельного веса экзогенных факторов в регуляции двигательной активности. Гравитационное поле, температура среды ниже индифферентной, гипоксия стимулируют двигательную активность организмов.

Двигательная активность человека имеет отчетливую суточную периодичность и относится к синхронизирующим суточным и сезонным ритмам. Строгая ритмичность двигательной активности указывает на наличие генераторов – внутренних механизмов, определяющих периодичность и объем суточной активности. Можно предполагать, что основа регуляции суточного объёма движений сосредоточена в состоянии гомеостаза и процессов метаболизма. Их воздействие на объем движений опосредуется через нейроэндокринную и нервную системы, в которых можно выделить структурно-функциональные образования, стимулирующие и тормозящие двигательную активность.

Таким образом, исследование закономерностей регуляции двигательной активности в онтогенезе подтверждает базисную роль в инициации двигательной деятельности процессов метаболизма и состояния внутренней среды. В процессе индивидуального развития регуляция двигательной активности усложняется. Наряду с эндогенными факторами все большую роль приобретают экзогенные. Однако, исполнительный механизм, опосредующий их воздействие на объем активности, базируется на сформировавшихся в ранние периоды онтогенеза метаболических процессах, инициирующих или тормозящих двигательную активность через изменение состояния регуляторных систем.

На базе потребности в движениях формируется две, функционирующие в колебательном режиме, и, находящиеся в реципрокных отношениях, системы: система активации моторики и система дезактивации моторики. Одним из мощных факторов стимуляции системы активации моторики является проприоцепция. Вместе с экстерорецепцией она выполняет ведущую роль в стимуляции двигательной активности.

На основании экспериментального материала по физиологии моторно-висцеральных рефлексов, опытов и представлений А. А. Ухтомского о доминанте, известных еще от И. П. Павлова особенностях структурных связей моторной коры с проекцией других анализаторов, М. Р. Могендович обосновал положение о доминировании моторного аппарата над вегетативным аппаратом. Эти исследования привели к разработке теории кинезофилии – как физиологического механизма регуляции двигательной активности. Он считал, что существует чрезвычайно важная

для приспособления и развития организмов потребность – влечение к движению. Потребность в двигательной активности тесно связана с энергетическим обменом. Дефицит энергобаланса активирует моторную активность, а избыток – тормозит.

Интероцепция – ведущий фактор стимуляции системы дезактивации моторики. Классический пример: увеличение артериального давления в каротидном синусе вызывает падение тонуса скелетной мускулатуры.

В норме доминирующая роль принадлежит проприоцепции. Примат моторики выражается в том, что двигательная зона коры больших полушарий по выражению А. А. Ухтомского всегда находится в состоянии «оперативного покоя». Ослабление моторного анализатора дезорганизует подкорку и связанные с ней вегетативные функции. Если человек волевым усилием затормозит двигательные проявления эмоций, то вегетативные реакции усиливаются.

Гипокинезия сопровождается ослаблением проприоцептивной стимуляции. При этом человек не только не ощущает радостных эмоций от движения, но и становится рабом интероцепции: у него возникают различные неприятные ощущения во внутренней среде, которые проходят при регулярных тренировках и физических занятий. Изменение интенсивности проприоцептивной стимуляции находит отражение в эмоциональных состояниях. При её недостатке возникают неприятные ощущения «моторного голода». Субъективным отражением потребности в движении является эмоциональный подъем («мышечная радость» по И. П. Павлову). Объективным отражением потребности в движениях является объем и темп локомоторной активности.

Таким образом, рассмотрение процессов регуляции двигательной активности с позиций потребностно-мотивационного подхода позволяет понять их физиологический смысл и основу механизмов управления двигательной активностью.

Представление о потребности в движениях и её роли для регуляции двигательной активности имеют достаточно широкое распространение. Они основаны на взглядах И. М. Сеченова о «темном мышечном чувстве» и «зарядке нервных центров», о специальной форме системного чувства – «позыв на деятельность»; А. А. Ухтомского о доминанте и доминировании моторного анализатора («моторный стержень») и состоянии «оперативного покоя»; И. П. Павлова о темпераментах, чувстве «мышечной радости», рефлексе «свободы»; Н. А. Бернштейна о внутренних побудительных причинах к движениям и физиологии активности; П. К. Анохина о системной организации поведения, значении потребностей и мотиваций. О наличии у человека и животных потребности в движениях высказываются многие современные физиологи и представители других медико-биологических наук. Особенно широко эти взгляды распространены среди специалистов по физической культуре и спорту.

Произвольная двигательная деятельность человека в течение жизни проходит ряд этапов формирования и инволюции, что связано с влиянием как биологических, так и социальных факторов. Особый отпечаток на функцию нервно-мышечного аппарата в онтогенезе накладывает вертикальное положение тела человека, а также характер его труда, быта, занятий спортом. Двигательный аппарат с функциональной точки зрения представляет собой как бы «полотно», на котором после рождения начертят свой рисунок, как наследственные факторы, так и воздействия, обусловленные вертикальным положением тела, характером различной двигательной активности, трудовой деятельности и другие.

Сложность взаимодействия влияний, наследственности и условий формирования находит отражение в различном темпе развития и инволюции таких двигательных качеств, как сила, скорость мышечного сокращения, а также величины выносливости и

скрытого периода реакции для мышц рук, ног и туловища. Большое влияние вертикального положения тела на формирование топографии функций различных групп мышц наглядно проявляется при сравнении данных, полученных на различных людях в разном возрасте. Можно думать, что в наследственном фонде не присутствуют все признаки, связанные с двигательной функцией. Очевидно, имеются важнейшие признаки, проявляющиеся на каждом этапе онтогенеза. Другие факторы, в частности топография силы, быстроты, выносливости и других различных мышц, развивается в результате относительной стандартности условий их формирования, связанных вертикальным положением тела. Под влиянием особенностей скелета, условий жизни, системы физического воспитания развитие функций различных групп мышц и их топография имеют индивидуальные особенности. Этим можно объяснить тот факт, что при соответствии в общем характере свойств и топографии функций различных двигательных рефлекторных систем каждый из людей обладает особой осанкой, походкой и другими индивидуальными качествами и может добиться особых результатов в самых различных формах двигательной деятельности.

В настоящее время накоплен достаточный экспериментальный материал, позволяющий выявить общие периоды развития двигательной функции у человека в различном возрасте. В возрасте до двух-трех лет двигательные и вегетативные функции весьма несовершенны. Так, в большинстве случаев невозможно зарегистрировать скрытый период двигательной реакции в ответ на световой раздражитель для некоторых групп мышц и получить данные, характеризующие силу и скорость их движений. К четырем-пяти годам уровень функционального и морфологического развития центрального и периферического иннервационного аппарата уже настолько высок, что позволяет зарегистрировать направленную произвольную двигательную реакцию большинством групп мышц. Были получены данные по силе, скорости движений и об уменьшении времени скрытого периода двигательной реакции. Однако развитие различных групп мышц и двигательная деятельность в целом находятся в это время на относительно низком уровне. Об этом говорят плохая дифференцировка функций различных групп мышц, длительный скрытый период двигательной реакции, несовершенство регуляции мышечного сокращения и взаимодействия мышц-антагонистов. Несовершенны также кровообращение, дыхание, обмен веществ и другие вегетативные функции. Вторая сигнальная система находится еще на низкой ступени развития. До четырех-пяти лет проходит период первичного становления двигательных функций. С четырех-пяти лет до шести-семи имеет место следующая картина развития двигательной активности. Абсолютная сила возрастает, а сила при расчете на один килограмм массы тела по сравнению с предыдущим периодом сохраняется почти на том же уровне. Не изменяется, и даже удлиняется, в ряде движений скрытый период реакции и уменьшается скорость движений. В этот период жизни происходит Дальнейшее развитие центральной нервной системы. Формирование периферического нервного аппарата достигает высокого уровня только к концу этого периода. В центральной нервной системе нет достаточного внутреннего координационного взаимодействия процессов возбуждения и торможения, и поэтому уровень регуляции многими двигательными актами и вегетативными функциями еще далек от совершенства.

Центральная нервная система, по мысли А. Ф. Самойлова, «воспитана» процессом мышечного сокращения. Это основывается также на фактах, говорящих о раннем формировании рецепторного аппарата мышц. Многочисленные данные говорят о том, что с помощью различных упражнений можно добиться изменения функции различных отделов ЦНС и самих мышц. Более глубокий анализ состояния двигательного аппарата человека свидетельствует о том, что в эти годы происходят

важнейшие процессы, связанные с перестройкой показателей силы и скорости движений разных групп мышц. Регистрация двигательной активности мышц с помощью электромиограммы отражает процесс формирования баланса процессов возбуждения и торможения в становлении реципрокных взаимоотношений нервных центров. Активное влияние центральной нервной системы на мышцы, вегетативные органы и системы возрастает, а после достижения четырех лет темп их формирования ускоряется, и к шести-семи годам ряд вегетативных функций проходит значительный путь развития и совершенствования. В этом возрасте интенсивно развивается вторая сигнальная система, совершенствуется взаимодействие центральных и периферических механизмов регуляции, что оказывает влияние на двигательные и вегетативные функции. Все это заставляет считать возраст от четырех-пяти до шести-семи лет важным узловым периодом становления произвольной двигательной активности.

С 6–7 до 13–14 лет наблюдается уже иная картина в развитии показателей силы, скрытого периода двигательной реакции и координации движений при выполнении различных упражнений. Все эти показатели значительно улучшаются. Сформировалась топография скоростных качеств различных групп мышц. Особенно значительно увеличивается сила на один килограмм массы тела при одновременном росте величины её максимального показателя. Значительный прогресс отмечается в развитии дыхания, кровообращения, а также других вегетативных функций. Улучшается рефлекторная и гуморальная регуляция функции внутренних органов, а также их взаимодействие. Имеющиеся данные гистологических исследований хорошо согласуются со сказанным. Морфологическая характеристика нервно-мышечного аппарата свидетельствует о том, что иннервация скелетной мышцы к четырем-пяти годам достигает высокого уровня развития. В пять-шесть лет её иннервационный аппарат в основном сформирован, а к 9–12 годам его строение уже соответствует гистологическим структурам взрослого. Формирование же скелетной мышцы как органа завершается позже.

На период до 13–14 лет падает время, предшествующеё половому созреванию. Различия в ряде показателей двигательной деятельности между мальчиками и девочками до 9–11 лет не особенно значительны. В дальнейшем в связи с половыми особенностями различия девочек и мальчиков усиливаются. Девочки больше прибавляют в массе и становятся малоподвижными. Все это подчеркивает особое значение физического воспитания для девочек и девушек уже с самого раннего возраста.

К 17–18 годам процесс всестороннего совершенствования двигательной активности близок к завершению. Одновременное увеличение максимальных показателей силы, силы на один килограмм массы тела, скорости движений и других показателей свидетельствует о том, что развивающийся двигательный аппарат становится все более активным в различных функциональных параметрах.

В возрасте от 20–30 до 50–60 лет человеческий организм сохраняет относительно высокую работоспособность. Однако у нетренирующихся лиц процесс инволюции ряда сложных двигательных навыков и частных двигательных реакций значительно усиливается.

В течение десятилетия – от 50–60 до 61–70 лет – ряд двигательных и вегетативных функций (кровообращение, дыхание и другие) резко и неравномерно ухудшается. Значительно снижаются показатели скорости и скрытого периода двигательной реакции (особенно при движениях стопой, пальцем и кистью руки). Одновременно резко увеличивается амплитуда колебаний в индивидуальных показателях, характеризующих активность разных групп мышц, что также свидетельствует об интенсивных и неравномерных для разных людей процессах старения.

Физические упражнения в зависимости от их характера интенсивности и состояния организма могут понижать повышенное и повышать пониженное артериальное давление. Известно также, что занятия физической культурой и спортом могут способствовать снижению повышенного уровня холестерина в крови или повышению сниженного его содержания. Имеется много других примеров нормализующего влияния физических упражнений на различные двигательные и вегетативные функции. Повышение устойчивости организма к действию неблагоприятных факторов также является ярким примером важной роли оптимальных физических упражнений в сохранении постоянства внутренней среды организма.

Обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что двигательная активность обеспечивается функциональными системами различного уровня, дающими соответствующие полезные результаты: метаболические, гомеостатические, поведенческие, социальные.

Глава II. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦНС, НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Одним из принципиальных условий организации физкультурных занятий и спортивной тренировки является информация о динамике функционального состояния занимающихся в текущем, этапном контроле и в углубленном обследовании. Использование биологической обратной связи при подготовке спортсменов дает в реальном времени информацию о качестве спортивной техники и способствует оптимизации обучения.

Большинство методов, используемых для тестирования в физической культуре и спорте, являются неинвазивными. Для углубления представлений о физиологических изменениях в организме человека при занятиях физической культурой и спортом применяют некоторые инвазивные методы. Это метод канюлирования сосудов для забора крови с последующим анализом, катетеризация полостей сердца, прижизненная биопсия для анализа композиции скелетных мышц, регистрация отдельных двигательных единиц (ДЕ) игольчатыми электродами.

Различают два принципиальных метода исследования – проводниковый и радиотелеметрический. Первый заключается в непосредственном соединении организма человека с регистрирующей аппаратурой посредством проводов и других устройств. Радиотелеметрический метод позволяет осуществлять дистанционную регистрацию функций в естественных условиях тренировочных занятий и соревновательной деятельности. Сущность радиотелеметрии заключается в преобразовании аналоговых сигналов в высокочастотные электромагнитные колебания посредством радиопередатчика, укрепленного с миниатюрным усилителем на теле человека. Электромагнитные колебания улавливаются радиоприемным устройством и трансформируются в аналоговые сигналы, которые характеризуют физиологические процессы.

В физиологии используются частные и интегральные методы исследования. Частные методы характеризуют функции органов и систем, их специфические проявления (ЧСС, СОК, МОК, АД, ЧД, ЭМГ, ЭЭГ и другие). Интегральные методы дают информацию о деятельности организма как целой системы, обеспечивающей слаженный механизм взаимодействия всех её компонентов. К ним относят общую ФР (PWC_{170}), максимальное потребление кислорода (МПК), порог анаэробного обмена (ПАНО) и минутный объем дыхания МОД и другие.

Обследовать спортсмена можно в состоянии относительного покоя, во время решения различных сложных задач, а также при физических нагрузках. Это дает возможность определить критический уровень отдельных функций, что имеет для спортсменов большое значение. Не секрет, что каждое соревнование является «критической ситуацией», требующей от спортсмена максимальной концентрации физических и психических сил.

Основные методы исследования ЦНС и нервно-мышечного аппарата – электроэнцефалография (ЭЭГ), реоэнцефалография (РЭГ), электромиография (ЭМГ) – определяют статическую устойчивость, тонус мышц, сухожильные рефлексы и другие.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) – метод регистрации электрической активности (биотоков) мозговой ткани с целью объективной оценки функционального состояния головного мозга. Она имеет большое значение для диагностики травм головного мозга, сосудистых и воспалительных заболеваний мозга, а также для контроля над функциональным состоянием спортсмена, выявления ранних форм неврозов, для

лечения, при отборе в спортивные секции (особенно бокса, каратэ и других видов спорта, связанных с нанесением ударов по голове).

При анализе данных ЭЭГ, полученных как в состоянии покоя, так и при функциональных нагрузках, и различных воздействиях извне в виде света, звука и других, учитываются амплитуда волн, их частота и ритм. У здорового человека преобладают альфа-волны (частота колебаний 8–12 в одну секунду), волны регистрируются только при закрытых глазах обследуемого. Это явление называется реакцией активации основного ритма. В норме она должна регистрироваться. Бета-волны имеют частоту колебаний 15–32 в одну секунду, медленные волны – диапазон колебаний 4–7 секунду и дельта-волны – еще меньшую частоту колебаний. При травмах головы альфа-ритм отсутствует, но появляются колебания большой частоты и амплитуды и медленные волны. Кроме того, методом ЭЭГ можно диагностировать ранние признаки неврозов (переутомление, перетренированность) у спортсменов.

Реоэнцефалография (РЭГ) – метод исследования церебрального кровотока, основанный на регистрации ритмических изменений электрического сопротивления мозговой ткани вследствие пульсовых колебаний кровенаполнения сосудов. Реоэнцефалограмма состоит из повторяющихся волн и зубцов. При ее оценке учитывают характеристику зубцов, амплитуду реографической (систолической) волн и другие.

Метод РЭГ используется при диагностике хронических нарушений мозгового кровообращения, вегетососудистой дистонии, головных болях и других изменениях сосудов головного мозга, а также при диагностике патологических процессов, возникающих в результате травм, сотрясений головного мозга и заболеваний, вторично влияющих на кровообращение в церебральных сосудах (шейный остеохондроз, аневризмы и другие).

Электромиография (ЭМГ) – метод исследования функционирования скелетных мышц посредством регистрации их электрической активности – биотоков, биопотенциалов. Для записи ЭМГ используют электромиографы. Отведение мышечных биопотенциалов осуществляется с помощью поверхностных (накладных) или игольчатых (вкалываемых) электродов. При исследовании мышц конечностей чаще всего записывают электромиограммы с одноименных мышц обеих сторон. Сначала регистрируют ЭМГ покоя при максимально расслабленном состоянии всей мышцы, а затем при ее тоническом напряжении.

По ЭМГ можно на ранних этапах определить изменения биопотенциалов мышц, судить о функциональной способности нервно-мышечного аппарата, особенно мышц, наиболее загруженных в тренировке. По ЭМГ, в сочетании с биохимическими исследованиями (определение гистамина, мочевины в крови), можно определить ранние признаки неврозов (переутомление, перетренированность). ЭМГ характеризует деятельность мышц, состояние периферического и центрального двигательных нейронов.

Анализ ЭМГ дается по амплитуде, форме, ритму, частоте колебаний потенциалов и другим параметрам. Кроме того, при анализе ЭМГ определяют латентный период между подачей сигнала к сокращению мышц и появлением первых осцилляции на ЭМГ и латентный период исчезновения осцилляции после команды прекратить сокращения.

Хронаксиметрия – метод исследования возбудимости нервов в зависимости от времени действия раздражителя. Сначала определяется реобаза – сила тока, вызывающая пороговое сокращение, а затем – хронаксия. Хронаксия – это минимальное время прохождения тока силой в две реобазы, которое дает минимальное сокращение. Хронаксия исчисляется в сигмах (тысячных долях секунды). В норме

хронаксия различных мышц составляет 0,0001–0,001 секунд. Установлено, что проксимальные мышцы имеют меньшую хронаксию (изохронизм). Мышцы-синергисты также имеют одинаковую хронаксию. На верхних конечностях хронаксия мышц-сгибателей в два раза меньше хронаксии разгибателей, на нижних конечностях отмечается обратное соотношение. У спортсменов резко снижается хронаксия мышц и может увеличиваться разница хронаксии (анизохронаксия) сгибателей и разгибателей при перетренировке (переутомлении).

Проба Ромберга выявляет нарушение равновесия в положении стоя. Поддержание нормальной координации движений происходит за счет совместной деятельности нескольких отделов ЦНС. К ним относятся мозжечок, вестибулярный аппарат, проводники глубокомышечной чувствительности, кора лобной и височной областей. Центральным органом координации движений является мозжечок. Проба Ромберга проводится в четырех режимах при постепенном уменьшении площади опоры. Во всех случаях руки у обследуемого подняты вперед, пальцы разведены и глаза закрыты. Оценка «очень хорошо» ставится, если в каждой позе спортсмен сохраняет равновесие в течение 15 секунд и при этом не наблюдается пошатывания тела, дрожания рук или век (тремор). При треморе выставляется оценка «удовлетворительно». Если равновесие в течение 15 секунд нарушается, то проба оценивается как «неудовлетворительная». Этот тест имеет практическое значение в акробатике, спортивной гимнастике, прыжках на батуте, фигурном катании и других видах спорта, где координация движений имеет значение.

Тест Яроцкого позволяет определить порог чувствительности вестибулярного анализатора. Тест выполняется в исходном положении стоя с закрытыми глазами, при этом спортсмен по команде начинает вращательные движения головой в быстром темпе. Фиксируется время вращения головой до потери спортсменом равновесия. У здоровых лиц время сохранения равновесия в среднем 28 секунд, у тренированных спортсменов – 90 секунд и более.

Пальцево-носовая проба. Обследуемому спортсмену предлагается дотронуться указательным пальцем до кончика носа с открытыми, а затем с закрытыми глазами. В норме отмечается попадание, дотрагивание до кончика носа. При переутомлении, перетренированности и других функциональных состояниях отмечается промахивание (непопадание), дрожание (тремор) указательного пальца или кисти.

Теппинг-тест определяет максимальную частоту движений кисти. Для проведения теста необходимо иметь секундомер, карандаш и лист бумаги, который двумя линиями разделяют на четыре равные части. В течение 10 секунд в максимальном темпе ставят точки в первом квадрате, затем – 10-секундный период отдыха, и вновь повторяют процедуру от второго квадрата к третьему и четвертому. Общая длительность теста – 40 секунд. Для оценки теста подсчитывают количество точек в каждом квадрате. У тренированных спортсменов максимальная частота движений кисти более 70 за 10 секунд. Снижение количества точек от квадрата к квадрату свидетельствует о недостаточной устойчивости двигательной сферы и нервной системы. Снижение лабильности нервных процессов ступенеобразно (с увеличением частоты движений во 2-м или 3-м квадратах) свидетельствует о замедлении процессов врабатываемости. Этот тест используют в акробатике, фехтовании, игровых и других видах спорта.

Кинестетическая чувствительность исследуется кистевым динамометром. Вначале определяется максимальная сила. Затем спортсмен, глядя на динамометр, 3–4 раза сжимает его с усилием, равным, например, 50 % от максимального усилия. Затем это усилие повторяется 3–5 раз (паузы между повторениями – 30 секунд), без контроля зрением. Кинестетическая чувствительность измеряется отклонением от

полученной величины (в процентах). Если разница между заданным и фактическим усилиями не превышает 20 %, кинестетическая чувствительность оценивается как нормальная.

Исследование мышечного тонуса. Мышечный тонус – это определенная степень наблюдаемого в норме напряжения мышц, которое поддерживается рефлекторно. Афферентную часть рефлекторной дуги образуют проводники мышечно-суставной чувствительности, несущие в спинной мозг импульсы от проприорецепторов мышц, суставов и сухожилий. Эфферентную часть составляет периферический двигательный нейрон. Кроме того, в регуляции мышечного тонуса участвуют мозжечок и экстрапирамидная система. Тонус мышц определяется тонусометром В. И. Дубровского и И. И. Дерябина (1973) в спокойном состоянии (пластический тонус) и напряжении (контрактильный тонус).

Повышение мышечного тонуса носит название мышечной гипертонии (гипертонус), отсутствие изменения – атонии, снижение – гипотонии. Повышение мышечного тонуса наблюдается при утомлении (особенно хроническом), при травмах и заболеваниях опорно-двигательного аппарата (ОДА) и других функциональных нарушениях. Понижение тонуса отмечается при длительном покое, отсутствии тренировок у спортсменов.

Треморография (ТГ). Тремор – гиперкинез, проявляющийся непроизвольными, стереотипными, ритмичными колебательными движениями всего тела или его составных частей. Тремор человека при различных эмоциональных состояниях характеризуется изменениями во многих системах: мышечной, дыхательной, сосудистой. А также в коре головного мозга – и служит объективным показателем общего тонуса ЦНС.

Запись тремора осуществляется с помощью электрокардиографа (ЭКГ) с использованием сейсмодатчика. На палец испытуемому надевается индукционный сейсмодатчик. Механические колебания (тремор) руки и пальца, преобразованные в электрические сигналы, усиливаются и регистрируются на ленте электрокардиографа. Запись производится в течение 5–10 секунд. Затем анализируется форма полученной кривой по амплитуде и частоте. При утомлении и возбуждении амплитуда и частота тремора увеличиваются. Улучшение тренированности сопровождается, как правило, снижением величины тремора. Следует заметить, что ТГ имеет выраженный индивидуальный характер. Запись тремора до и после тренировочного занятия в течение микроциклов и макроциклов дает ценную информацию о функциональном состоянии спортсмена и позволяет корректировать тренировочный процесс.

Актография (динамика двигательной активности во время сна). Во время сна происходят перестройка и восстановление нарушенного гомеостаза. Интенсивные физические нагрузки приводят к утомлению организма, а в ряде случаев и к его кумуляции (переутомлению), которая вызывает избыточное напряжение энергетических систем. Возникает состояние эмоционального напряжения по типу невротической тревоги, в результате чего нарушается сон. При этом прежде всего, страдают высшие психические функции – способность к концентрации внимания, ориентировка в новой ситуации и способность к адаптации. Отмечаются также сонливость, повышенная утомляемость.

Осуществляется специальными приборами – актографами, в которых движение передаётся на датчики (применяются, в частности, резиновые баллоны), а затем преобразуется в механические импульсы, воздействующие на регистрирующее устройство. При анализе актограмм учитываются продолжительность засыпания, длительность состояния полного покоя, общее время сна и другие. Чем выше

показатель покоя, тем лучше сон. При утомлении, перетренированности происходит нарушение сна. Под влиянием восстановительных мероприятий он нормализуется.

Критическая частота световых мельканий (КЧСМ) отражает функциональное состояние зрительного анализатора, по которому можно судить о состоянии центральной нервной системы (ЦНС). КЧСМ – минимальная частота световых вспышек, при которой у человека возникает ощущение постоянного освещения, используется как показатель функциональной лабильности сетчатки глаза и других отделов ЦНС.

Для оценки КЧСМ применяют портативный прибор, состоящий из блока хронометрирования реакции и блока частотомера, который создает пульсацию красного светодиода с фиксированной частотой, не известной испытуемому. Ежедневное значение КЧМС определяется как усредненное значение пяти пар частот (увеличение-уменьшение), что способствует выявлению наиболее точного показателя. КЧСМ исследуется в условиях бинокулярного сигнала, достижение критической частоты (в герцах) оценивается по словесной реакции обследуемого.

КЧСМ зависит от лабильности (функциональной подвижности) нервных процессов, которая в свою очередь чувствительна к изменению психического состояния человека. Величина КЧСМ повышается, когда человек возбужден, и снижается при утомлении. Размах ее изменений зависит от исходного уровня. При диагностике утомления (переутомления) исходный уровень величины КЧСМ имеет существенное значение.

Динамометрия икроножных мышц проводится для контроля над функциональным состоянием нервно-мышечного аппарата, эффективностью восстановительных мероприятий и укреплением мышц. Максимальная сила мышц в изометрическом режиме измеряется специальным динамометром. В исходном положении сидя спортсмен ставит ногу на пластмассовую основу прибора и производит максимальное давление. У здоровых мужчин сила икроножных мышц составляет 57 ± 3,6 кГ, у женщин – 38,3 ± 2,3кГ. Гиподинамия, длительные перерывы в тренировках приводят к снижению силы икроножных мышц. Максимальное усилие икроножной мышцы, развиваемое при сгибании стопы, относится к числу наиболее информативных показателей состояния нервно-мышечной системы. Данный метод позволяет контролировать тренировочный процесс.

Миография (МГ). Миограммы записываются на электрокимографе. На бедро (или голень) спортсмена накладывается манжетка от аппарата Рива-Роччи или манжетка для измерения височного давления, соединенная с электрокимографом, и на бумаге через капсулу Марея записываются миограммы. В течение двадцати секунд спортсмен в максимальном темпе сокращает и расслабляет мышцы. По мере утомления частота сокращения и амплитуда кривых уменьшаются. В зависимости от функционального состояния, степени тренированности или утомления амплитуда, частота и высота кривых резко меняются.

Физическая работоспособность (ФР). ФР – специальное понятие отражающий изменение состояния организма в связи с занятиями физической культурой и спортом. Тренировочный процесс в спорте, в конечном итоге, направлен на повышение ФР, которую определяют как способность: к выполнению работы вообще, к достижению наиболее высоких результатов в заданном виде работы (статической, динамической, аэробной, анаэробной) при наименьших физиологических затратах.

Работоспособность является широким понятием. Её величина – интегральный показатель функционального состояния организма. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) квалифицировала ФР в качестве показателя здоровья и предложила использовать его для обследования населения земного шара. Величина ФР

прямо пропорциональна количеству выполненной механической работы. Она зависит от пола, возраста, тренированности человека.

У молодых лиц женского пола, не занимающихся физической культурой и спортом, величина ФР в среднем равна 117 Вт, у мужчин – 150 Вт. Занимающиеся спортом отличаются более высоким уровнем работоспособности, особенно спортсмены-стайеры, тренирующие выносливость. У марафонцев, лыжников-гонщиков ФР достигает 330–383 Вт. Величина ФР колеблется в течение годичного тренировочного цикла: самая высокая работоспособность фиксируется в соревновательный период; в переходный ФР снижается; в подготовительный период, под влиянием средств физического воспитания, повышается. С возрастом ФР уменьшается за каждые 10 лет – у женщин – на 2 %, у мужчин – на 10 %.

ФР проявляется при физической нагрузке. Параллельно с физической человек испытывает и физиологическую нагрузку, которая зависит от температуры окружающей среды, психологических и других факторов. Для проявления максимальной ФР необходима определенная мотивация.

Различают общую и специальную ФР: общая ФР отражает уровень развития физических качеств, не свойственных данному виду спорта, но прямо или косвенно влияющих на результат. Её определяют в лабораторных условиях; специальная ФР включает уровень физических способностей, соответствующих специальным требованиям избранного вида спорта. Её определяют в условиях тренировки. Основу специальной ФР составляет общая.

Соревновательная работоспособность проявляется в экстремальных условиях в связи с накалом спортивной борьбы. При слабой психологической подготовке она не достигает достаточно больших величин.

ФР является фундаментом для развития двигательных качеств спортсменов, обеспечивает способность к перенесению нагрузок, возможность реализовать потенциальные возможности в реальных условиях спортивной деятельности и интенсивно восстанавливаться после неё. ФР – многофакторная система, формирующаяся в организме спортсмена на протяжении многолетнего периода. Как интегральный показатель состояния организма, отражающий функциональные возможности организма, она зависит от активности всех физиологических систем. Объективными факторами, определяющими ФР, являются телосложение, мощность, ёмкость и эффективность механизмов энергопродукции, сила и выносливость мышц, нейромышечная координация, состояние эндокринной системы и другие.

В циклических видах спорта к основным физиологическим факторам, обусловливающим уровень ФР, относится биоэнергетический потенциал, мощность сердечно-сосудистой, дыхательной систем, крови и ЦНС.

Каждая из основных систем жизнеобеспечения в условиях мышечной деятельности развертывает, за счет рефлекторных и гуморальных механизмов, характерные для неё функции в соответствии с мощностью и объёмом нагрузки – от минимальных величин до максимума. Сердечно-сосудистая система обеспечивает – за счет увеличения силы и частоты сердечных сокращений, сосудистых перераспределительных реакций крови – повышение СОК и МОК (до 100–200 мл, 25–35 литров) и определенную степень удовлетворения кислородного запроса. Интенсификация периферического кровообращения стимулируется повышением АД и уменьшением сопротивления артериол в скелетных мышцах. За счет повышения частоты и глубины дыхания увеличивается МОД. Частота дыхания устанавливается на уровне 60–70 в минуту. При глубине дыхания выше 50 % ЖЕЛ подключаются дополнительные дыхательные мышцы, утилизирующие добавку кислорода. Насыщение крови кислородом зависит от объёма эритроцитов, формы гемоглобина, активности

ферментных систем. Объем эритроцитов при физической работе повышается. Активная деятельность ферментов увеличивает утилизацию кислорода тканями.

Функция сердца, играющего ведущую роль в жизнедеятельности организма, в большинстве случаев оценивается на основе обследования в состоянии покоя. Хотя очевидно, что любое нарушение насосной функции сердца с большей вероятностью проявится при минутном объеме 12–15 л/мин, чем при 5–6 л/мин. Кроме того, недостаточные резервные возможности сердца могут проявиться лишь в работе, превышающей по интенсивности привычные нагрузки. Это относится и к скрытой коронарной недостаточности, которая нередко не диагностируется по ЭКГ в состоянии покоя.

Задачи нагрузочных тестов:

– определение работоспособности и пригодности к занятиям тем или иным видом спорта;

– оценка функционального состояния кардиореспираторной системы и её резервов;

– прогнозирование вероятных спортивных результатов, а также вероятности возникновения тех или иных отклонений в состоянии здоровья при физических нагрузках;

– определение и разработка эффективных профилактических и реабилитационных мер у высококвалифицированных спортсменов;

– оценка функционального состояния и эффективности применения средств реабилитации после повреждений и заболеваний у тренирующихся спортсменов.

Тесты на восстановление предусматривают учет изменений и определение сроков восстановления после стандартной физической нагрузки таких показателей кардиореспираторной системы, как частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), показания электрокардиограммы (ЭКГ), частота дыхания (ЧД) и многие другие.

В физиологии физического воспитания и спорта используются проба В. В. Гориневского (60 подскоков в течение 30 секунд), проба Дешина и Котова (трехминутный бег на месте в темпе 180 шагов в минуту), проба Мартине (20 приседаний) и другие функциональные пробы. При проведении каждого из этих тестов учитывают ЧСС и АД до нагрузки и после ее окончания на 1-, 2-, 3- и 4-й минутах (период восстановления).

К тестам на восстановление относят и различные варианты теста со ступеньками (step-test). В 1929 году A. Master разработал двухступенчатый тест, где регистрируются ЧСС и АД после определенного количества подъемов на стандартную ступеньку. В дальнейшем этот тест начал применяться для регистрации ЭКГ после нагрузки. В современном виде двухступенчатый тест предусматривает определенное, зависящее от возраста, пола и массы тела обследуемого количество подъемов на стандартную двойную ступеньку в течение 1,5 минут, или удвоенное количество подъемов за три минуты при двойной пробе (высота каждой ступеньки 23 см). ЭКГ фиксируется до и после нагрузки.

Субмаксимальные тесты на усилие используются в физиологии физического воспитания и спорта при тестировании высококвалифицированных спортсменов. Исследования показали, что наиболее ценная информация о функциональном состоянии кардиореспираторной системы может быть получена при учете изменений основных гемодинамических параметров (показателей) не в восстановительном периоде, а непосредственно во время выполнения теста. Поэтому и увеличение нагрузок проводится до достижения предела аэробной способности (максимального потребления кислорода – МПК).

Такие тесты проводятся различными видами нагрузок:

– немедленное увеличение нагрузки после разминки до предполагаемого субмаксимального уровня для данного спортсмена;

– равномерная нагрузка на определенном уровне с увеличением при последующих исследованиях;

– непрерывное или почти непрерывное возрастание нагрузки;

– ступенчатое возрастание нагрузки;

– ступенчатое возрастание нагрузки, чередующееся с периодами отдыха.

Первый, третий и четвертый тесты используются в основном при обследовании спортсменов, второй – для сравнительной оценки переносимости определенной нагрузки каким-либо контингентом лиц.

Показателем ФР и состояния сердечно-сосудистой системы при ступенчато возрастающих нагрузках принято считать максимум аэробной мощности, то есть максимальное количество кислорода, которое человек может потреблять в течение одной минуты при выполнении физической работы (МПК). Лимитирующим фактором, определяющим значение МПК, являются функциональные возможности и напряжение сердечно-сосудистой системы.

Тестирование ФР проводится по ЧСС. Этот показатель легко регистрируется, линейно связан с мощностью внешней механической работы и количеством потребляемого при нагрузке кислорода. Такой метод тестирования работоспособности основан на факте, показывающем обратно пропорциональную зависимость между хронотропной реакцией сердца и физической подготовленностью человека: чем чаще сердечный ритм при нагрузке определенной мощности – тем ниже работоспособность человека, и наоборот. Существует зона оптимального функционирования сердца. При автоматической активности синоатриального узла в условиях, близких к МПК, длительность сердечного цикла колеблется в пределах 0,35–0,3 секунд, а ЧСС составляет 170–200 в минуту. Взаимосвязь между мощностью выполняемой работы и величиной ЧСС может быть представлена как линейная.

Для исследования ФР (Physical Working Capacity) используется проба, разработанная в Каролинском университете (Стокгольм, Швеция) Сьестрандом и модифицированная В. Л. Карпманом. По номенклатуре ВОЗ с 1964 года она названа «тест PWC_{170}» и рекомендована для международных массовых исследований приспособляемости человека к различным условиям жизни. PWC_{170} выражается в величине мощности физической нагрузки, при которой ЧСС достигает 170 в минуту. При длительном удержании ЧСС на более низком уровне производится её экстраполяция до 170 в минуту. ЧСС $_{170}$ в минуту отражает начало зоны оптимального функционирования сердечно-сосудистой системы. Зона позволяет установить интенсивность физической нагрузки, которая «выводит» деятельность кардиореспираторной системы в область оптимального функционирования. При мышечной работе, вызывающей увеличение ЧСС до 170 в минуту, функциональные сдвиги составляют 75–80 % от максимальных величин.

Тест PWC_{170}, предложенный В. Л. Карпманом, обоснован. Суть его состоит в выполнении исследуемым на велоэргометре последовательно двух нагрузок умеренной мощности (83 и 160 Вт), разделенных 3-х минутным интервалом отдыха. Каждая нагрузка продолжается 5 минут. PWC определяется графически или рассчитывается по формуле:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1)\frac{170 - f_1}{f_2 - f_1};$$

где N_1 и N_2 – мощности применяемых нагрузок, f_1 и f_2 – соответствующая им частота сокращений сердца. Обязательным условием использования формулы является разница в ЧСС при двух нагрузках не менее 40 в минуту.

В качестве ориентиров могут быть использованы следующие величины PWC_{170} у здоровых людей: для женщин – 422–900 кгм/мин, мужчин – 850–1100 кгм/мин. У спортсменов этот показатель зависит от вида спорта и колеблется в пределах 1100–2100 кгм/мин, а представители циклических видов спорта (академическая гребля, велошоссе, лыжные гонки и другие имеют еще более высокие показатели. Для сравнения сходных индивидуумов рассчитывают относительную величину показателя PWC_{170} в Вт/кг.

Для определения ФР у лиц пожилого возраста используется – по причине снижения функциональной активности сердечно-сосудистой системы – проба PWC_{l50}. У детей дошкольного и младшего школьного возраста – в связи со значительной лабильностью пульса и выраженной эмоциональностью – выраженный прирост ЧСС происходит уже при первой нагрузке, поэтому разница между ЧСС при первой и второй нагрузках оказывается незначительной – 10–20 в минуту. Поэтому у детей рационально использование одномоментной пробы PWC_{170}, в которой разница в ЧСС определяется при сравнении данных, полученных после нагрузки и в покое. В возрасте до 10 лет начинают с минимальных нагрузок (до 50 кгм/мин), а с 10 лет и старше – с учетом массы тела. Обычно, как рекомендует ВОЗ, со 100–150 кгм/мин.

Гарвардский степ-тест (L. Brouha, 1943) заключается в подъемах на скамейку высотой 50 см для мужчин и 43 см для женщин, в течение пяти минут в заданном темпе. Темп восхождения постоянный и равняется 30 циклам в одну минуту. Каждый цикл состоит из четырех шагов. Темп задается метрономом 120 ударов в минуту. После завершения теста, обследуемый спортсмен садится на стул, и в течение первых 30 секунд на 2–3-й минуте подсчитывается ЧСС. Если обследуемый в процессе тестирования отстает от заданного темпа, то тест прекращается.

О физической работоспособности спортсмена судят по индексу гарвардского степ-теста (ИГСТ), который рассчитывается, исходя из времени восхождения на ступеньку и ЧСС после окончания теста.

Индекс гарвардского степ-теста рассчитывают по формуле:

$$ИГСТ = \frac{t \times 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \times 2};$$

где t – время восхождения в секундах, f_1 f_2, f_3 – частота сердечных сокращений (ЧСС) за 30 секунде, на 2-, 3- и 4-й минутах восстановления, соответственно.

При массовых обследованиях можно пользоваться сокращенной формулой:

$$ИГСТ = \frac{t \times 100}{f \times 5{,}5};$$

где t – время восхождения в секундах, f – частота сердечных сокращений (ЧСС).

Из-за большой интенсивности нагрузки, как правило, тест применяют только при обследовании спортсменов. Критерии оценки результатов гарвардского степ-теста (ИГСТ): отлично – >90, хорошо – 80–89, средне – 65–79, слабо – 55–65, плохо – <55. Самые большие показатели (до 170) отмечены у спортсменов экстракласса, тренирующихся на выносливость (лыжные гонки, академическая гребля, плавание, марафонский бег и другие).

Определение максимального потребления кислорода (МПК). МПК является основным показателем продуктивности кардиореспираторной системы. МПК – это наибольшее количество кислорода, которое человек способен потребить в течение одной минуты. МПК – мера аэробной мощности и интегральный показатель состояния транспортной системы кислорода (O_2). Определяется он непрямым или прямым методом.

Чаще применяют непрямой метод измерения МПК, не требующий сложной аппаратуры. Для обследования высококвалифицированных спортсменов рекомендуется измерять МПК прямым методом.

В норме между величиной потребления кислорода (ПК) и ЧСС существует линейная зависимость. МПК – основной показатель, отражающий функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем и физическое состояние в целом, то есть аэробную способность. Этот показатель (л/мин, а точнее, мл/мин/кг) или его энергетический эквивалент (кДж/мин, ккал/мин) относятся к ведущим в оценке и градациях физического состояния человека. Таким образом, субмаксимальные нагрузочные тесты, обеспечивающие информацию об аэробной способности, являются важнейшим инструментом оценки функционального состояния организма. Величина МПК зависит от пола, возраста, физической подготовленности обследующего и варьирует в широких пределах.

Расчет МПК можно производится с помощью формул, предложенных В. Л. Карпманом: МПК = 2,2 PWC_{170} + 1240 – для спортсменов, специализирующихся в скоростно-силовых видах спорта; МПК = 2,2 PWC_{170} + 1070 – для спортсменов, тренирующихся на выносливость.

Определение МПК прямым методом дает более точные результаты. Потребление кислорода повышается с увеличением нагрузки, однако при достижении величины близкой к предельным возможностям организма, при дальнейшем увеличении нагрузки возрастания потребления кислорода не отмечается. На кривой, отражающей зависимость потребления кислорода от мощности нагрузки, возникает «плато». Мощность нагрузки, при которой возникает «плато», считается уровнем максимальной аэробной работоспособности, а потребление кислорода называется максимальным.

Методика: на велоэргометре испытуемый выполняет ряд нагрузок возрастающей мощности 4–6 минут каждая. Каждая ступень отделена от предыдущей нагрузки короткими периодами отдыха (30–60 секунд). Во время проведения велоэргометрии проводится анализ выдыхаемого воздуха на газоанализаторе. Мощность нагрузки ступенеобразно возрастает до достижения плато или невозможности выполнять нагрузку.

Для сравнения работоспособности отдельных лиц используют не абсолютное значение МПК (л/мин), а относительную величину. Последнюю получают, разделив МПК в мл/мин на массу тела в килограммах. Единица относительного показателя – мл/кг в одну минуту.

У спортсменов МПК составляет 3–5 л/мин, в отдельных случаях – выше 6 л/мин. У лыжников-гонщиков, занимающихся академической греблей, гонками на велошоссе, и других спортсменов высокой квалификации относительная величина МПК достигает 80 мл/кг в одну минуту и больше. МПК может использоваться для отбора спортсменов на ответственные соревнования, в комплексе с другими методами и прикидками (отборочные соревнования).

Тестирование анаэробной производительности. При выполнении интенсивных нагрузок кислородный запрос превышает величину его максимальной доставки. При этом в организме накапливаются недоокисленные продукты гликолиза (главным

образом молочной кислоты), что приводит к резким сдвигам во внутренней среде (понижение pH до 7,0), заставляя спортсмена прекратить работу или снизить ее интенсивность. Кислородный долг, который образуется при выполнении интенсивной физической работы, «оплачивается» после нагрузки, что проявляется в увеличенном (по сравнению с уровнем покоя) потреблении кислорода.

Анаэробная производительность имеет большое значение при выполнении предельных нагрузок продолжительностью от 30 секунд до двух минут. Такая работа характерна для хоккеистов, бегунов на средние дистанции, конькобежцев и представителей других видов спорта, тренирующих скоростную выносливость.

Среди разных показателей анаэробной производительности (максимальный кислородный долг, максимальная анаэробная мощность и другие) концентрация молочной кислоты (лактат) в артериальной крови наиболее доступная для измерения. Лактат определяют в процессе тренировки и сразу после ее окончания. Кровь берется из кончика пальца или мочки уха. Молочная кислота определяется по методу Баркера – Саммерсона в модификации Штром или ферментативным методом. В норме концентрация молочной кислоты в крови 0,33–1,0 ммоль/л. После выполнения физической нагрузки лактат колеблется от 4–7 до 14–21 ммоль/л. Показатели зависят от характера физической нагрузки, возраста, пола и физической (функциональной) подготовленности спортсмена. Под влиянием систематических интенсивных физических нагрузок лактат снижается.

Следует отметить, что нельзя правильно оценить функциональное состояние организма спортсмена, используя один какой-либо показатель. Только комплексное изучение функционального состояния, включающее тестирование с физической нагрузкой, записью ЭКГ, биохимическими анализами и другие, дает возможность правильно оценить функциональное состояние спортсмена.

Глава III. ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Функциональная активность организма человека характеризуется различными двигательными актами. Поперечнополосатые мышцы обеспечивают сокращение сердца, передвижение тела в пространстве – локомоции, трудовые и другие движения, движения глазных яблок, глотание, дыхательные движения, а также двигательный компонент речи, мимики и другие.

Гладкие мышцы входят в состав стенок сосудов, бронхов, мочевого и желчного пузырей, мочеточников, желудочно-кишечного тракта и других внутренних органов, а также кожи. Гладкие мышцы обеспечивают их функцию и осуществляют движения ресничек клеток кишечного эпителия за счет двигательной активности мышц, регулируемой вегетативной нервной системой и гуморальными факторами.

Развитие организма и его связи с окружающей средой невозможны без вышеназванных и других форм двигательной активности, развертывание которых осуществляется при постоянном взаимодействии с вегетативными органами, тканями и внутренней средой. Особенно большое влияние на развитие функций мышц оказывают силы гравитации и инерции, которые мышца постоянно преодолевает. А также влияет время, в течение которого развертывается мышечное сокращение, пространство, в котором оно осуществляется.

Газообмен, температурные колебания, превращение пищевых веществ в организме также характеризуют взаимосвязь организма, с окружающей средой и лежат в основе энергетики и динамики мышечного сокращения. Таким образом, двигательная активность на всех уровнях жизнедеятельности – условие существования организма.

Функция поперечнополосатой мышцы охватывает широкий диапазон двигательной активности, сочетающейся также и с определенными формами психической деятельности. Она является универсальным механизмом уравновешивания организма с изменяющейся окружающей средой.

Формы механической реакции мышц. Непосредственное возбуждение мышцы, вызванное импульсами, приходящими по нерву, приводит её в состояние напряжения, что при определенных условиях сопровождается укорочением и утолщением мышечных структур. При этом объём сокращенной мышцы отличается от исходного объёма незначительно. Это изменение мышцы называется мышечным сокращением. Мышечные сокращения разделяются на динамические (при последовательном чередовании сокращения и расслабления мышц) и статические (когда мышца длительно сокращена без изменения её длины). Различают изотонический, изометрический и ауксотонический режимы мышечного сокращения. При изотоническом режиме напряжение мышцы при её возбуждении не меняется, изменяется лишь её длина. Подобное сокращение мышцы можно получить, если ей не приходится передвигать груз. Например, в естественных условиях сокращения мышцы языка близки к изотоническому режиму. Изометрический режим напряжения мышцы характеризуется изменением её напряжения при неизменности её длины. Подобный режим возникает при попытке поднять непосильную тяжесть или при удержании того или иного груза в одном положении. В этом случае напряжение мышцы зависит от величины груза. При ауксотоническом режиме изменяются напряжение и длина мышцы. В этом режиме протекает работа мышцы при выполнении трудовых, спортивных и других двигательных актов. Для различных мышц возможны разные комбинации режимов мышечного сокращения.

Мышечное волокно. Мышечное волокно представляет собой многоядерную сократительную клетку (поперечник от 10 до 100 мкм, длина от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров). Оно состоит из саркоплазмы (неспециализированная цитоплазма), киноплазмы (специализированная цитоплазма), сарколеммы, клеточных образований и сократительного аппарата – миофибрилл.

Сарколемма представляет собой трехслойную мембрану. Изменение мембранной проницаемости и потенциала играет важную роль в функции мышечного волокна. Эластические свойства сарколеммы в известной степени определяют упругие свойства мышцы в целом. Саркоплазма – жидкая неспециализированная среда мышечного волокна, содержит ядра и расположена под сарколеммой. В её составе находятся водорастворимые белки (миоген, миоглобин, глобулин, молекулы органических веществ, соли, зерна крахмала и жира, гликолитические и окислительные ферменты). Специализированная цитоплазма – киноплазма. Белки: миозин, актотропомиозин, актомиозин, тропомиозин и другие – составляют 80 % белков миофибрилл.

Ядра мышечного волокна исчисляются тысячами и вместе с рибосомами играют существенную роль в синтезе белков мышечного волокна, что обеспечивает изменение их размеров в период роста организма и физической тренировки. В них имеются нуклеопротеиды с большим содержанием дезоксирибонуклеиновой кислоты – ДНК. Митохондрии – сложно устроенные тельца, обеспечивающие окислительное фосфорилирование и ресинтез аденозинтрифосфорной кислоты – первичного источника энергии при мышечных сокращениях.

Саркоплазматический ретикулум – внутриклеточная транспортная система, связывающая органоиды клетки друг с другом и обеспечивающая транспорт веществ от сарколеммы внутрь клетки. Саркоплазматический ретикулум состоит из продольной и поперечной систем. Продольная система (L-система) состоит из трубочек, которые тянутся вдоль наружной поверхности миофибрилл и образуют анастомозы, представляя собой как бы внутриклеточную сосудистую систему. Поперечная система (Т-система) представляет собой более толстые трубочки, чем продольная. Канальцы Т-системы проходят через мышечные клетки на уровне Н-дисков перпендикулярно к оси миофибрилл. Продольный и поперечный компонент саркоплазматического ретикулума в местах их контактов формируют так называемые триады, состоящие из одного медиального, принадлежащего Т-системе, и двух латеральных, принадлежащих L-системе пузырьков. Т-система сообщается с внеклеточным пространством. Считают, что именно через канальцы Т-системы осуществляется поступление в клетку питательных веществ. L-система ответственна за транспорт некоторых ионов, в частности ионов Ca^{2+}. На мембранах Т-системы осуществляется процесс сопряжения возбуждения и сокращения.

Миофибриллы – тончайшие нити, состоящие из миофиламентов, построенных из длинных молекул сократительного белка – миозина. Более тонкие филаменты построены из белков – актина и тропомиозина. Между филаментами имеются соединительные мостики, что связывает и стабилизирует их функциональную активность. Передача импульсов осуществляется через поперечные трубочки саркоплазматического ретикулума, что способствует синхронизации сокращения миофибрилл.

Различают мышечные волокна – тонические (способные реагировать на раздражение локальным состоянием возбуждения и сокращения без волнообразного распространения этих процессов), фазные (способные реагировать на распространяющуюся волну возбуждения, как сокращением, так и расслаблением) и переходные (совмещаются оба свойства). Иннервация тонических волокон

осуществляется тонкими мякотными нервными волокнами, которые отличаются низкой (в 3–6 раз меньше, чем идущие к фазным волокнам) возбудимостью и малой скоростью проведения импульса.

Различают красные небелые мышечные волокна. Красные волокна (их цвет зависит от большого содержания миоглобина) имеют большой запас гликогена и липидов и отличаются меньшей утомляемостью, чем белые. Она характеризуются значительной тонической активностью, способностью к длительному напряжению и более длительной динамической работой. Белые волокна имеют миофибриллы, которые толще и сильнее, чем миофибриллы красных волокон. Они быстро сокращаются, но и легко утомляются. Большая часть, это смешанные мышцы. Они в разных пропорциях содержат белые и красные волокна.

Регенерация мышечного волокна происходит за счет миопластов и зависит от возраста и функционального состояния организма.

Мышечное волокно охвачено оболочкой (сарколеммой). Между волокнами имеется соединительнотканная прослойка (эндомизий). Мышечные волокна собраны в пучки, которые охвачены перимизием. Эпимизий «одевает» мышцу снаружи. Вся система соединительнотканных прослоек и оболочек связывает мышечные волокна в единую рабочую систему, обеспечивающую с помощью сухожилий передачу возникающей при мышечном сокращении тяги на кости скелета.

Мышечные волокна обладают свойствами сократимости, возбудимости и проводимости. Сокращение мышечного волокна возникает под влиянием импульсов, приходящих по двигательным нервным волокнам, которые, разделяясь на веточки (терминали), заканчиваются мионевральными синапсами. Лабильность двигательного нервного волокна, то есть способность проводить частые импульсы без трансформации их ритма, велика (до 2500 импульсов в одну секунду, скорость их распространения 100–120 м/с). У человека импульс от спинного мозга до мышц пальцев ноги доходит в среднем за 15 мс.

В поперечнополосатой мышце, её сухожилиях имеются механорецепторы (проприорецепторы), реагирующие на степень её напряжения и растяжения. Симпатическая нервная система принимает участие в регуляции кровотока и обмена веществ в мышечной ткани.

Функциональным образованием (единицей) мышцы является нейромоторная, или двигательная единица. Она состоит из одного мотонейрона и группы мышечных волокон, им иннервируемых. Приходящий от мотонейрона нервный импульс вызывает сокращение только части мышечных волокон, входящих в состав двигательной единицы. В различных мышцах количество мышечных волокон в нейромоторной единице различно. Например, в наружных мышцах глазного яблока их 3–6, пальцах руки, соответственно, 10–25. В мышцах нижних конечностей их количество достигает 7000 (в икроножной мышце). Внутри нейромоторной единицы за счет блокады нервно-мышечных синапсов происходит асинхронное чередующееся сокращение мышечных волокон. Только при крайних по интенсивности мышечных усилиях мотонейроны соответствующего нервного центра, а также мышечные волокна начинают функционировать синхронно. Тренировка в «ритмических» видах спорта при относительно небольших усилиях может сформировать чередование функциональной активности нейромоторных единиц.

Кровоснабжение мышцы. Вся мышца пронизана разветвленной сетью кровеносных сосудов, а также веточками лимфатических сосудов. Красные волокна обладают более густой сетью капилляров, чем белые волокна. Известно также, что каждое красное волокно имеет больше митохондрий, оно окружено тремя – пятью капиллярами, в то время как белое имеет только один капилляр. Это создает условия

для более интенсивного кровоснабжения красных волокон и высокого уровня обменных процессов. В состоянии физического покоя красные волокна примерно в три раза имеют более интенсивный обмен веществ по сравнению с белыми волокнами, где уровень обменных процессов и ферментативной активности низок. Мышечное волокно и кровеносный капилляр настолько тесно прилегают друг к другу, что ширина межклеточной щели не превышает десятых и даже сотых долей микрона. Наблюдается тесная зависимость между плотностью капиллярной сети, с одной стороны, и степенью двигательной активности животного и человека, с другой. Капилляры скелетной мышцы животных и человека, способной к длительной физической работе. Скорость передвижения крови в таких капиллярах незначительна, что создает условия для более интенсивного обмена веществ между кровью и мышечной тканью.

Было показано, что у «тренированных» мышц в состоянии покоя объемная скорость кровотока меньше, чем у «нетренированных». Это создает условия для более полного использования кислорода и питательных веществ крови. У «нетренированных» низкая эффективность обмена веществ компенсируется увеличением объемного кровотока. При высокой двигательной активности скелетной мышцы резко снижается тонус её резистивных сосудов. При этом кровоток в мышечной ткани усиливается, возникает состояние рабочей гиперемии. Увеличение скорости кровотока в работающей мышце в начале её деятельности сменяется последующим его уменьшением. Это объясняется тем, что первоначальное резкое увеличение кровотока при физической нагрузке связано с сокращением красных волокон. Длительная работа вовлекает в сокращение и более сильные белые волокна. Сокращение белых волокон дополнительно повышает внутримышечное давление, под действием которого сдавливаются капилляры, что может приводить к уменьшению кровоснабжения мышечной ткани. Таким образом, в фазу сокращения скелетных мышц приток крови к ним замедляется и ускоряется отток крови по венам. В период расслабления венозный отток уменьшается, в то время как артериальный приток становится максимальным. Этим характеризуется работа так называемого мышечного насоса. При работе длинные петли кровеносных капилляров, охватывающих мышечные волокна, все более полно раскрываются, что обеспечивает значительные резервы для обмена веществ между кровью и мышцей. Обмен веществ между кровью и тканевой жидкостью происходит через стенку капилляра. Он изменяется в связи с изменением функционального состояния мышц в условиях гиподинамии, гипердинамии, утомления и другие.

В нервной регуляции сосудов скелетной мышцы симпатические нервы, выступающие в качестве вазодиляторов. Раздражение периферических концов этих нервов увеличивает кровоток в мышце в 3–5 раз, в то время как сосуды кожи и внутренних органов под влиянием симпатических в этих условиях суживаются. Так проявляется один из механизмов, обеспечивающих приток крови к работающим мышцам.

Мышца как источник регуляторных влияний. В мышцах и связках находится огромное количество рецепторов, что обеспечивает разностороннеё рефлекторное влияние мышечного сокращения на развитие и состояние внутренних органов, и обмен веществ в организме человека и животного. Систематическая двигательная активность человека имеет существенное влияние на развитие функций центральной нервной системы, речи, психических функций и мышления. Сокращения скелетных мышц возникают в основном произвольно. Однако наряду с произвольной регуляцией имеют место и непроизвольные рефлекторные реакции. Дыхательные мышцы регулируются не только нервными, но и гуморальными механизмами. Их сокращения могут осуществляться как произвольно, так и непроизвольно (в условиях острой гипоксии, при задержке дыхания под водой и другие).

Механизмы мышечного сокращения. Регуляция функции мышц осуществляется различными отделами центральной нервной системы, которые во многом определяют характер их разносторонней активности (фазы движения, тоническое напряжение и другие).

Рецепторы двигательного аппарата дают начало афферентным волокнам двигательного анализатора, которые составляют 30–50 % волокон смешанных нервов, направляющихся в спинной мозг. Рецепторами двигательного аппарата у человека и высших животных являются чувствительные структуры мышечных веретен, сухожильные рецепторы, чувствительные окончания суставных сумок, связок и фасций. Все они получили название проприорецепторы двигательного аппарата. Реагируют они на растяжение. Сокращение мышц вызывает импульсы, которые являются источником мышечного чувства – кинестезии. Кроме названных рецепторов в мышцах и других периферических органах двигательного аппарата имеются и другие чувствительные окончания афферентных волокон. Они участвуют в возникновении защитных рефлексов и болевых реакций, а также в регуляции обмена веществ, так как реагируют на изменение химизма тканей и изменение осмотического давления.

Передача возбуждения с нервного волокна на мышечное волокно осуществляется через нервно-мышечный синапс. Мионевральный синапс состоит из двух разделенных щелью мембран. Одна из них – пресинаптическая (нервного происхождения), другая – постсинаптическая (мышечного происхождения). Исследования, проведенные с помощью микроэлектродной техники, показали, что нервные окончания выделяют ацетилхолин как под влиянием нервного импульса, так и спонтанно. При этом возникают миниатюрные потенциалы концевой пластинки. Выделение квантов ацетилхолина в покое происходит беспорядочно. При воздействии же нервного импульса кванты ацетилхолина выделяются синхронно, а его количество становится достаточным для возникновения потенциала, способного возбудить мышечное волокно. В процессе деятельности возникают состояния, облегчающие и угнетающие передачу импульсов через синапс. Облегчение возможно в результате суммации, миниатюрных потенциалов концевых пластинок нервно-мышечного синапса. У взрослых млекопитающих имеет место постактивационная депрессия, уменьшающая потенциалы концевой пластинки до подпороговой величины. Она связана с утомлением и уменьшением выделения ацетилхолина.

В целом, как облегчение, так и депрессия потенциалов концевых пластинок являются приспособительными процессами. Например, в опытах на амфибиях показано, что серия импульсов в результате облегчения нервно-мышечной передачи вовлекает в сокращение новые мышечные волокна и увеличивает суммарное сокращение мышцы.

Использование в опыте большой частоты раздражения вызывает пессимальное торможение, имеющеё охранительное значение для мышечных волокон. Оно служит одним из механизмов внутримышечной координации в работе функциональных единиц и мышечных волокон.

Скорость проведения нервного импульса через синапс в тысячи раз меньше, чем в нервном волокне. Он проводит возбуждение только по направлению к мышце. У человека порог возбуждения мышечных волокон ниже порога концевых пластинок. В норме через нервно-мышечный синапс млекопитающих может пройти до 150 импульсов в одну секунду, что значительно превышает частоту разрядов мотонейронов. При утомлении и патологии лабильность нервно-мышечных окончаний снижается, а характер импульсов может измениться.

Потенциал действия, возникая вследствие пороговой деполяризации, распространяется вдоль поверхностной мембраны мышечного волокна и инициирует

его сокращение. Сокращение и напряжение мышцы осуществляется за счет энергии, освобождающейся при химических превращениях, происходящих при поступлении в мышцу нервного импульса или нанесении на неё непосредственного раздражения и расщеплении при сокращении богатых энергией веществ. При этом распад сложных молекул на простые сопровождается процессами восстановления – синтеза этих веществ. Химические превращения в мышце протекают как при наличии кислорода (в аэробных условиях), так и при его отсутствии (в анаэробных условиях). Первичным источником энергии для сокращения мышцы является расщепление АТФ (она находится в клеточной мембране, ретикулуме и миозиновых нитях) на аденозиндифосфорную кислоту (АДФ) и фосфорные кислоты. При этом из каждой грамм-молекулы АТФ освобождается 10000 калорий. При отсутствии O_2 нужная энергия освобождается в процессе расщепления углеводов (гликогена и глюкозы). Под влиянием гликолитических ферментов они распадаются до молочной кислоты с выделением потенциальной химической энергии.

Аэробный ресинтез АТФ. Аэробный ресинтез АТФ обеспечивается потенциальной химической энергией, освобождающейся при окислении органических соединений (углеводов, жиров). При этом этот процесс для ресинтеза АТФ в 20 раз эффективнее, чем при использовании анаэробного пути. Поэтому энергетические расходы мышцы, в конечном счете, окупаются окислительными процессами, обеспечивающими непосредственно мышечную деятельность. Во время длительной работы и при недостатке O_2 анаэробный синтез не успевает восполнить убыль АТФ. При этом отмечается накопление в мышцах молочной кислоты.

Энергия окислительных процессов используется и для ресинтеза углеводов, необходимых для работы мышцы.

В целом углеводы дают наибольшее количество энергии для мышечной работы (гликоген находится, главным образом, в анизотропных дисках). Небольшая часть энергии получается при распаде белков и липидов. В покое мышца использует 5 % O_2, поступающего с кровью. Процессы ресинтеза активизируются при повышении интенсивности тканевого дыхания, что повышает экономичность использования веществ и энергии. Оптимальное кровообращение, достаточное количество глюкозы и O_2 в крови обеспечивает сокращение мышцы за счет энергии окислительных процессов.

Сокращение и расслабление мышечного волокна протекает по следующим этапам: раздражение – возникновение потенциал действия – проведение его вдоль клеточной мембраны и вдоль по «Т-системе» – распад АТФ с освобождением энергии в присутствии белка актомиозина и Ca^{2+} и диффузии его к миофибриллам – скольжение нитей актина и миозина (укорочение миофибриллы) –; активация кальциевого насоса – ресинтез АТФ, понижение концентрации свободных ионов Ca^{2+} в саркоплазме – расслабление.

Теплообразование в мышце происходит в покое и в процессе её деятельности, однако это тепло не служит для непосредственного осуществления мышечного сокращения. В мышечном «двигателе» происходит непосредственное превращение химической энергии в механическую энергию. Тепло, образующееся в мышце, поддерживает температуру тканей на уровне, обеспечивающем эффективное протекание физических и химических процессов.

Одиночное сокращение. При нанесении одиночного порогового и сверхпорогового раздражения на мышцу (например, на изолированную мышцу лягушки) мышца сокращается, а затем расслабляется, то есть наблюдается одиночное сокращение мышцы. При этом имеет место ряд последовательных явлений. После нанесения раздражения сокращение мышцы наступает не сразу, а через некоторый

временной интервал – около 2,5 мс. Это время от момента нанесения раздражения до начала реакции мышцы носит название патентного периода. Реакция мышцы на раздражение начинается с генерации потенциала действия продолжительностью 3–5 мс и в это же время начинается сокращение мышцы, которое обычно продолжается около 50 мс. Это фаза сокращения. За фазой сокращения следует фаза расслабления. Её продолжительность или равна длительности фазы сокращения, или может быть несколько больше.

Возбудимость мышцы в ходе одиночного сокращения меняется. Во время развития потенциала действия, то есть в начале сокращения мышцы, наступает абсолютная рефрактерная фаза (состояние невозбудимости, длительность 3–5 мс). За ней следует фаза относительной рефрактерности, а затем возникает фаза повышенной возбудимости (около 20 мс). Длительность этих периодов различна **у** животных разных видов и зависит от функционального состояния нервно-мышечного аппарата.

Суммация сокращений и тетанус Суммация сокращений и тетанус возникают в том случае, если на мышцу наносится не одно, а несколько раздражений с определенным интервалом времени. Рассмотрим ситуацию, когда на мышцу наносится два раздражения. Если интервал между раздражениями будет больше длительности одиночного сокращения (больше 100 мс), то зарегистрируются два одиночных сокращения. Уменьшая интервал между раздражениями от 100 до 50 мс (частота 10–20 Гц), то есть, когда второе раздражение будет наноситься в фазу расслабления, можно наблюдать, что амплитуда сокращения мышцы на второе раздражение будет больше, так как второе сокращение возникает, когда мышца еще не успела полностью расслабиться, иными словами, происходит суммация сокращений. Однако в этом случае не происходит полного слияния первого и второго сокращений и на миограмме регистрируются две вершины.

Вместе с тем мышца суммирует следующие друг за другом процессы, лежащие в основе последовательных сократительных актов. Это свойство суперпозиции имеет значение в самых различных двигательных реакциях. Если интервал между раздражениями меньше 50 мс (частота больше 20 Гц), то второе раздражение воздействует на мышцу в конечный период фазы сокращения и произойдет полное слияние двух сокращений. Однако это явление будет наблюдаться до тех пор, пока интервал между раздражениями превышает длительность возникающего перед сокращением потенциала действия, так как во время его развития возбудимость мышцы резко падает (фаза абсолютной рефрактерности) и на второе раздражение, следующее с интервалом меньше 5 мс (частота более 200 Гц), она не реагирует. Эти закономерности позволяют понять, как развивается тетаническое сокращение, или тетанус, который принято делить на гладкий и зубчатый тетанус. Зубчатый тетанус развивается на ряд последовательных раздражений, интервал между которыми больше, чем длительность фазы сокращения мышцы, а гладкий тетанус возникает тогда, когда интервал между раздражениями меньше длительности фазы сокращения, но больше, чем продолжительность потенциала действия.

У разных мышц длительность фаз одиночного сокращения неодинакова, а, следовательно, частота искусственной стимуляции или естественного возбуждения мышцы для получения тетанического сокращения различны.

Тетанус характеризуется слиянием одиночных мышечных сокращений в непрерывное укорочение мышцы, которое по амплитуде превышает уровень, достигаемой при одиночном сокращении. Если каждый следующий импульс приходит в период повышенной возбудимости мышцы, то уровень тетануса будет наибольшим. Таким образом, высота тетануса зависит от оптимального ритма и силы поступающих раздражений. В период тетануса мышца, сохраняя свои механические свойства,

способна длительно поддерживать поднятый груз. Вместе с тем постоянная по внешним проявлениям механическая реакция мышцы обеспечивается как изменениями в ритмах раздражений, которые поступают в мышцу, так и сменностью активности функциональных единиц. При этом каждое предыдущеё сокращение влияет на последующее и зависит от силы и частоты поступающих к мышце импульсов и её функционального состояния.

Биоэлектрическая характеристика сократительного акта. Человек и животное могут реагировать одиночным движением в ответ на различные раздражители – тепло, холод, звук, свет и другие. Если произвести опыт, в котором человек в ответ на раздражитель будет нажимать кнопку, выключая его действие, то, используя методы графической регистрации двигательного акта (мехапограмма) и записи биотоков в мышце, возникающих в процессе мышечного сокращения и расслабления (электромиограмма), можно составить представление о динамике физиологических процессов, лежащих в основе элементарного произвольного движения. Опыт показывает, что от момента нанесения раздражения (подачи сигнала) до начала механического движения проходит время, которое получило название скрытого (латентного) периода реакции. Этот период делится на две фазы: первая – от момента нанесения раздражения до появления первых биотоков в мышце, вторая – от момента появления первых биотоков до начала механического движения. В период укорочения мышцы амплитуда и частота биотоков увеличиваются, достигая максимума на высоте механограммы. В этот момент сокращение мышцы завершается выключением (нажатием на кнопку) испытуемым поданного ему сигнала. Во время расслабления мышцы частота и амплитуда биотоков уменьшаются. После завершения мышечного расслабления в период последействия также отмечаются относительно незначительные биотоки, отражающие фазовую затухающую функциональную активность нервных центров. Длительность периода от подачи сигнала экспериментатором до его выключения испытуемым составляет у различных людей при различных движениях от 0,11 до 0,4–0,5 секунд. Различная быстрота движений связана с группой мышц, возрастом и тренированностью человека, а также характером (свет, звук и др.) и интенсивностью раздражителя.

Энергетическое обеспечение мышечной деятельности. Специфической функцией мышц является сокращение, представляющее механохимический процесс, то есть прямой переход химической энергии в механическую энергию работы. Открытие АТФ и АТФ-азных свойств миозина позволило установить, что механическая работа мышцы осуществляется за счет утилизации универсального первичного источника энергии эндорганических реакций обмена веществ и физиологических функций. Поддержание стабильности уровня АТФ в мышцах при сократительной активности обеспечивается за счет трех основных механизмов энергопродукции: креатинфосфокиназной реакции, обеспечивающей анаэробный ресинтез АТФ на миофибриллах и внутриклеточный транспорт энергии в независимости от мощности и продолжительности мышечной деятельности; анаэробного гликолитического фосфорилирования, протекающего в цитозоле; дыхательного, или аэробного, фосфорилирования, локализованного в митохондриях.

Запасы креатинфосфата (КрФ) в сумме с креатином в быстро сокращающихся мышечных волокнах составляют около 30 мкмоль/г сырой массы ткани. Это позволяет обеспечивать энергией интенсивную мышечную деятельность в течение 10–12 секунд. Фермент креатинфосфокиназа обладает очень высоким сродством к аденозиндифосфорной кислоте (АДФ) и каталитической активностью. Он локализован на миофибриллах, сопряжен с миозиновой АТФ-азой. Это обеспечивает ресинтез АТФ

на 2–4 секунде работы и последующее её расщепление с выделением энергии, необходимой для мышечного сокращения.

Анаэробный гликолиз и гликогенолиз активируются при высоком пороге дефосфорилирования АТФ и КрФ. В первую очередь используются внутримышечные запасы гликогена, затем – приносимая с кровью глюкоза. Они подвергаются неполному окислению с выделением молочной и пировиноградной кислот. Образование АТФ в процессе гликолитического фосфорилирования достигает максимума на 20–30 секунде работы для тренированных спортсменов и на 90 секунде – для нетренированных. Накопление лактата в работающих мышцах приводит к снижению их внутриклеточного pH до 6,3–6,0 против 7,1–6,8 в состоянии покоя. Диффундируя из работающих мышц в кровь, молочная кислота вызывает нарушение кислотно-щелочного равновесия крови со снижением pH до 7,0–6,8. Острые ацидотические сдвиги гомеостаза при выполнении напряженных физических нагрузок характеризуют состояние некомпенсированного рабочего ацидоза. Он быстро ликвидируется за счет включения буферных, дыхательных и почечных компенсаторных механизмов адаптации.

Ацидотические сдвиги лимитируют работоспособность, вызывают угнетение функции миокарда, в связи с этим нарушение гемодинамики и кровоснабжения мозга. Сократительная способность мышц падает, в ЦНС развивается охранительное торможение. Снижение pH нарушает свойства белков, связывающих кальций, и АТФ-азную активность миозина. При уменьшении pH на 0,5 единиц сила сокращения мышечных волокон падает. Биохимические изменения в тканях изменяют состояние рецепторов, в результате появляются боли, что приводит к прекращению физической деятельности. На метаболическом уровне лимитирующий работоспособность эффект рабочего ацидоза обусловлен нарушением синтеза макроэргов. При активации анаэробного гликолиза возрастает концентрация H^+-ионов, ингибирующих энергопоставляющий процесс вследствие подавления активности фермента фосфофруктокиназы.

По мере продолжения работы, в связи с усилением дыхания интенсивность гликолиза угнетается, и образование лактата в мышцах уменьшается. Избыток лактата окисляется в печени, почках, миокарде. Основным путем ресинтеза АТФ становится окислительное фосфорилирование – более инертный процесс, развертывание которого связано с диффузией и транспортом кислорода. Максимальная скорость этого процесса происходит через 90–120 секунде от начала работы.

Дыхательное фосфорилирование характеризуется высокой чувствительностью к внутриклеточным сдвигам фосфатного потенциала. В состоянии покоя, когда концентрация АДФ в клетке низкая, а АТФ – высокая, митохондрии активны и потребление кислорода минимальное. Во время мышечной деятельности, при условии незначительного повышения концентрации АДФ в клетках, скорость потребления значительно возрастает. Митохондрии приходят в активное состояние, и поток электронов по дыхательной цепи сопровождается образованием АТФ из продуктов её гидролиза.

Благодаря возможности использования различных энергетических субстратов (углеводов, липидов, продуктов дезаминирования аминокислот), аэробный путь ресинтеза АТФ обладает неограниченной емкостью. Образующиеся в этих условиях конечные продукты не влияют на внутреннюю среду организма, что позволяет выполнять продолжительную мышечную деятельность умеренной интенсивности.

Кислородные режимы при мышечной деятельности. Кислородный запрос организма – это количество кислорода, требующееся организму в конкретных условиях. Различают общий и минутный кислородный запрос. В зависимости от

характера работы, соотношение между величиной общего и минутного кислородного запроса может быть разным. Кислородное потребление – количество кислорода, потребляемое в минуту. Кислородный долг – количество кислорода, необходимое для полного окисления недоокисленных продуктов обмена (CO_2 и H_2O), которые могут быть выведены органами выделения и дыхания.

Запасы кислорода в организме невелики (около 2,5 литров): в альвеолярном воздухе (0,3 литра), в связи с гемоглобином крови (0,9 литра), в плазме крови (0,3 литра), в связи с жирами (0,3 литра) и миоглобином (0,3 литра). При мышечной деятельности с быстрым повышением энергетического обмена кислородный запрос возрастает.

Полного удовлетворения его в начале работы не происходит в связи с инертностью развертывания систем жизнеобеспечения (кровообращения, дыхания и крови) из-за особенностей регуляции вегетативной нервной системы.

Её безмякотные нервные волокна и химическая передача возбуждения в синапсах экстрамуральных и интрамуральных ганглиев медленно проводят возбуждение к заинтересованным органам. Еще одним фактором в процессе медленного проведения возбуждения является наличие в стенках кровеносных сосудов гладких мышечных волокон, торпидно развертывающих сократительный процесс и перераспределительные реакции крови. Необходимо также время для установления эффективной альвеолярной вентиляции. Дефицит в доставке кислорода в начале работы обусловливает повышение кислородного запроса в десятки раз. В результате – избыточное потребление кислорода после физической нагрузки, ликвидирующеёся после окончания работы.

Кислородный режим организма отражает соотношение между величиной кислородного запроса и кислородного потребления. При минимальном уровне обмена (основном обмене) имеется полный баланс между запросом и потреблением. В условиях основного обмена потребление кислорода равно 200–250 мл в минуту. Его можно рассчитать по величине МОД (8 литров) и у O_2 (3 %). В покое кислородный режим характеризуется кислородным запросом и потреблением, при работе – кислородным запросом, потреблением и кислородным долгом.

В начале мышечной деятельности организм удовлетворяет энергетические расходы за счет креатинфосфокиназного механизма. После преодоления инертности вегетативных систем «открываются» аэробные возможности организма. Любая физическая работа включает анаэробную и аэробную фазы энергетического обеспечения жизнедеятельности. Они являются результатом длительной эволюции живых организмов и входят в наследственную программу в виде материальных биохимических процессов.

Работа мышцы. В процессе мышечного сокращения потенциальная химическая энергия переходит в потенциальную механическую энергию напряжения и кинетическую энергию движения. Различают внутреннюю и внешнюю работу. Внутренняя работа связана с трением в мышечном волокне при его сокращении; движением катионов и анионов, как при возбуждении, так и в процессе восстановления; превращением энергии при эндотермическом ресинтезе. Внешняя работа выполняется при перемещении какого-нибудь груза, тела или его частей в пространстве. Она характеризуется коэффициентом полезного действия (КПД) мышечного двигателя. КПД есть отношение производимой работы к общим энергетическим затратам (для мышц человека он составляет 15–20 %, а при тренировке несколько возрастает). При динамической (физической) деятельности мышца выполняет работу, которая характеризуется силой, умноженной на путь перемещения и на косинус угла (а) между направлением силы и перемещением груза.

При статических усилиях также можно говорить о работе, которую с физиологической точки зрения следует оценить энергетическими затратами организма, которые расходуются на поддержание напряжения сокращенных мышц. В процессе двигательной деятельности динамические и статические мышечные сокращения взаимодействуют. Даже при интенсивной физической работе (например, беге и другие) динамически сокращающиеся мышцы могут эффективно выполнять свою функцию в том случае, если статическое напряжение других мышц обеспечивает сохранение позы. Мышцы, осуществляющие противоположно направленные усилия, называют антагонистами, а те, усилия которых однонаправленные, – синергистами. Работа, которую может выполнить мышца, наибольшая, если она работает в оптимальном для своего функционального состояния режиме и поднимает оптимальный груз на оптимальную высоту.

Максимальное потребление кислорода (МПК). МПК, так же как ФР, является интегральным показателем функционального состояния организма. В условиях основного обмена минутное потребление кислорода (200–250 мл) достаточно для обеспечения тканей и органов. Вне работы скелетные мышцы имеют высокий фактор надежности по снабжению кислородом. Кровью к мышцам доставляется в пять раз больше кислорода, чем требуется. Попадая в мышцу, кислород связывается с железосодержащим дыхательным пигментом – миоглобином, резервирующим его подобно гемоглобину. Миоглобин переносит кислород в митохондрии, где он расходуется при переходе от состояния покоя к двигательной деятельности и во время её реализации.

При физической работе запасы кислорода в митохондриях пополняются за счет интенсификации доставки дыхательного пигмента сердечно-сосудистой системой. Максимальная нагрузка по интенсивности соответствует МПК. При нагрузке не выше 50 % от МПК через 2–4 минуты развивается устойчивое состояние. Критерием стабилизации кислородного потребления на уровне МПК является повышение ЧСС до 180–190 в минуту. При мощности работы 50–90 % от МПК при ЧСС 120–170 минуту потребление кислорода нарастает почти линейно по отношению к ЧСС. Потребление кислорода при равной ЧСС у мужчин и тренированных лиц выше, чем у женщин и нетренированных.

У молодых здоровых лиц, не занимающихся спортом, абсолютное МПК равно: у женщин – 2,5–3,0 литров в минуту, у мужчин – 3,0–3,5 литров в минуту. Занимающиеся физической культурой и спортом имеют более высокий уровень МПК: женщины – 3–4 литров в минуту, мужчины – 4,5 литров в минуту, элитные спортсмены – 5–6 литров в минуту, отдельные индивидуумы – до 8 литров в минуту.

Величина МПК определяется мощностью систем жизнеобеспечения, их нервными и эндокринными регуляциями, спецификой биохимических процессов. Сердечная мышца, как чувствительный гальванометр, реагирует изменениями функциональных показателей (ЧСС, СОК и МОК) при действии различных раздражителей и двигательной активности.

Сердечный выброс (МОК) при мышечной деятельности на уровне МПК может достигать 25–30 литров в минуту. Основным фактором, лимитирующим МПК, является сердечная производительность. При физической работе каждые 10 % повышения кислородного потребления сопровождаются приростом МОК на 7,07 %. Увеличение МОК осуществляется за счет учащения сердцебиений и повышения СОК. ЧСС возрастает линейно, в зависимости от мощности работы и параллельно росту потребления кислорода. В момент достижения МПК она устанавливается на уровне 180–190 в минуту. В покое в конце систолы в полости желудочков остается рези дуальный объем крови, составляющий 55 % от диастолического объёма. Во время

физической нагрузки СОК (без прироста кровенаполнения сердца) может увеличиться почти в два раза за счет использования резидуального объёма крови в связи с повышением силы сокращения желудочков. На увеличение сердечной производительности оба фактора – учащение сердечных сокращений и СОК – могут влиять независимо друг от друга. Однако при напряженной мышечной деятельности они действуют совместно, обеспечивая возросшие потребности организма в кислороде.

В условиях напряженной мышечной активности повышается максимальная вентиляционная производительность. Это обусловлено уменьшением «мертвого» пространства, увеличением диффузионной способности легких за счет снижения неравномерности вентиляции и более полного её соответствия кровотоку в каждом участке легочной ткани.

Мощность, при которой достигается МПК, означает максимальное развитие биологического окисления. При переходе от аэробной к анаэробной продукции выделяют три фазы.

1. Аэробная фаза – по мере повышения физической нагрузки потребление кислорода увеличивается до 40–50 % от МПК (ЧСС достигает 150 в минуту, возрастает выделение CO_2, повышается МОД).

2. Изокапническая фаза – при увеличении потребления кислорода до 50–65 % от МПК (ЧСС достигает 150–170 в минуту, молочная кислота – 3–3,5 ммоль/л). Молочная кислота нейтрализуется бикарбонатной буферной системой, в крови повышается уровень неметаболического CO_2. Это вызывает гипервентиляцию, приводит к снижению CO_2, в выдыхаемом воздухе и стабилизирует pH крови. Возросшая вентиляция способствует удержанию парциального давления CO_2 в пределах нормы – 39–40 мм рт. ст.

3. Гипокапническая – потребление кислорода составляет 65–85 % от МПК, ЧСС 170–190 в минуту, молочная кислота – 4–4,5 ммоль/л. Полное буферизование при этом невозможно. В крови накапливаются ионы водорода, действующие на рецепторы каротидного синуса, аорты, а через них рефлекторно возбуждающие дыхательный центр. Резко увеличивается вентиляция легких, падает потребление кислорода и содержание CO_2 в крови.

Физиологические механизмы тонуса скелетных мышц. Длительное напряжение мышц, сохраняющеё положение тела в гравитационном поле, поддержание позы, на фоне которой осуществляются динамические мышечные сокращения, получило название мышечного тонуса. Он характеризуется длительным и устойчивым сокращением мышц с незначительной затратой энергии. Этим мышечный тонус отличается от тетануса, и эти свойства обеспечивают меньшую утомляемость тонически напряженным мышцам. Данные электромиографии показывают, что для поддержания мышечного тонуса важную роль играет чередование сокращения и расслабления функциональных единиц. При этом сокращения мышечных волокон носят асинхронный характер. Медленно работающие волокна, возбуждаемые импульсами малой частоты, поступающими от мотонейронов, способны к слитности и экономичности тонического напряжения. Так, мышцы, обеспечивающие стояние (мышцы-разгибатели спины и ног), богаты медленными волокнами. В медленных мышечных волокнах имеются также большие энергетические ресурсы, обеспечивающие длительное сокращение без видимого утомления. Тоническое волокно противодействует растяжению во многом неактивной реакцией, а благодаря вязкости своей протоплазмы, длительно сохраняющейся после прекращения возбуждения. Под влиянием ритмического возбуждения вязкость протоплазмы тонического волокна становится все значительнее и стабильнее.

Контрактура. Стойкое, остаточное сокращение мышцы, сопровождающееся замедленным расслаблением, называется контрактурой. На её величину влияет сила раздражения. У тонических мышц она более выражена. Воздействие ацетилхолина также может вызвать контрактуру. Контрактуры бывают врожденные и приобретенные. По происхождению они могут быть рефлекторными как ответ на действия различных, в том числе болевых, раздражителей. Контрактура возникает под влиянием больших доз адреналина и в сильном возбуждении симпатической нервной системы, необратимо изменяющих метаболизм в мышце. Изменение обмена веществ при утомлении может вызвать контрактуру. Контрактуры возникают при повышении температуры мышцы до 45–60°С, отравлении ядами, что приводит к необратимому изменению белков.

Мышца как упругое тело. Упругие или эластичные тела (в том числе и мышцы) обладают свойством при деформации (например, при сжатии или растяжении) развивать силы, препятствующие её развитию, и при устранении деформирующих сил возвращаться в исходное состояние. При возрастании сил, вызывающих деформацию (например, растяжение), в эластичном теле возрастают силы упругого сопротивления. Каждой длине растягиваемого эластического тела соответствует определенное напряжение. Взаимосвязь между длиной тела и напряжением – характерное свойство упругих тел.

В зависимости от функционального состояния мышцы меняется её напряжение, а также упругость и вязкость, что может служить показателями утомления, способности к расслаблению и уровня тренированности.

Сила мышцы. Сила мышцы оценивается весом груза, который она при максимальном возбуждении способна удерживать, не изменяя своей длины. Сила мышцы зависит от: суммы сил мышечных волокон (их сократительной способности); количества мышечных волокон в мышце и количества функциональных единиц, одновременно возбуждающихся при развитии напряжения; исходной длины мышцы (предварительно растянутая мышца развивает большую силу); характера регуляторных влияний; условий взаимодействия мышцы с костями скелета.

Сократительная способность мышцы характеризуется её абсолютной силой (сила, приходящаяся на 1 см^2 поперечного сечения мышечных волокон). Для расчета этого показателя силу мышцы делят на площадь её физиологического поперечника (то есть на сумму площадей всех мышечных волокон, составляющих мышцу). У перистых мышц физиологический поперечник больше, чем у параллельно-волокнистых мышц, и поэтому, сила их больше. Абсолютная сила мышц (в килограммах на один см^2 поперечного сечения мышечных волокон) у человека: икроножная – 6,24 кГ; разгибатели шеи – 9,0 кГ; жевательная – 10,0 кГ; трехглавая плеча – 16,8 кГ.

При развитии тетанического напряжения мышца развивает значительное усилие. Так, собака мышцами челюсти способна поднять груз, превышающий массу её тела более чем в восемь раз. Одиночное мышечное волокно способно развить усилие в 200–300 мг. В мышечной системе человека 15–30 млн. мышечных волокон и, следовательно, они вместе теоретически способны развить напряжение в 20–30 тонн. Сила, которую развивает икроножная мышца при разгибании стопы, может достигнуть 500 кГ, а при разгибании туловища – 400 кГ. Центральная нервная система изменяет силу сокращения мышцы путем изменения количества одновременно участвующих в сокращении функциональных единиц, а также частоты поступающих к ним нервных импульсов. Повышение частоты импульсов приводит к возрастанию величины и слитности тетануса. Влияние симпатической нервной системы увеличивает силу мышечных сокращений. Сила мышцы оказывает положительное влияние на скорость её сокращения.

Физиология гладкой мускулатуры. К гладким мышцам относятся мышцы внутренних органов. Обычно их сокращения протекают независимо от нашей воли, поэтому гладкие мышцы часто называют непроизвольной мускулатурой. Гладкие мышцы в основном выполняют тоническую функцию – создание сосудистого тонуса, сохранение объёма полых органов, напряжение некоторых сфинктеров. Они могут выполнять и динамическую функцию, обеспечивая, например, перемещение пищевых масс по желудочно-кишечному тракту.

В зависимости от места расположения гладкие мышцы позвоночных принято делить на висцеральные и невисцеральные мышцы. К группе висцеральных мышц относятся мышцы пищеварительного тракта, матки, мочевого пузыря, стенки мочеточника, сосудистые гладкие мышцы и так далее. К группе невисцеральных мышц относятся гладкие мышцы радужной оболочки, цилиарные мышцы, мигательная перепонка, пиломоторы.

Отдельные гладкомышечные клетки имеют отчетливо выраженную поверхностную мембрану, отделяющую эти клетки друг от друга. Гладкая мышца с морфологической точки зрения является не истинным, а функциональным синцитием, поскольку поверхностные мембраны гладкомышечных клеток образуют многообразные контакты, обеспечивающие возможности их морфофизиологического взаимодействия. Клетки в гладкой мышце расположены хаотично, неравномерно, иногда они собраны в пучки или тяжи. Их окружает соединительная ткань.

Внутриклеточные ультраструктуры гладкомышечных клеток имеют ряд особенностей. Эндоплазматический ретикулум гладкомышечных клеток менее развит, чем в скелетных мышцах, отсутствует упорядоченность в расположении образующих его мембран относительно поверхностной мембраны и сократительных белков (филамент). Сократительный аппарат клеток гладкой мускулатуры представлен в виде миофибрилл, состоящих в основном из актина. Миозин в клетках гладкой мускулатуры, по-видимому, существует в дисперсной и агрегированной форме. Количество актина меньше, чем в клетках поперечнополосатых мышц. В миозиновой фракции гладких мышц особенно много тропомиозина. В состав сократительных белков гладкой мускулатуры входит особый малоизученный белок (вероятно, связанный с тропомиозином), играющий важную роль в поддержании длительного тонического сокращения, характерного для гладких мышц.

В основе сокращения гладкой мышцы, как и скелетной, лежит процесс превращения химической энергии АТФ в механическую энергию сокращения. Особенности строения и свойств сократительного аппарата гладкомышечных клеток свидетельствуют о несколько иной молекулярной основе их сокращения по сравнению с сокращением произвольных мышц. Медленные сокращения гладких мышц, протекающие с малыми энергетическими затратами, по-видимому, имеют в своей основе особый скользящий механизм сокращения, при котором имеет место и истинное укорочение филаментов. Для сокращения мышц необходимы сильные раздражения. Латентный период равен нескольким секундам. Они обладают пластичностью – способностью сохранять измененную длину долгое время. Мембранный потенциал гладкомышечных клеток является результатом существования градиента концентрации ионов Na^+, K^+, $C1^-$ по обе стороны поверхностной мембраны. Механизмы электрогенеза гладкомышечных клеток и клеток скелетной мускулатуры в основном совпадают.

Величина потенциала покоя клеток гладких мышц при внутриклеточной регистрации в среднем не превышает 20–60 мВ. В клетках, обладающих автоматией, уровень мембранного потенциала неустойчив, величина его колеблется в более широких пределах от 30 до 70 мВ. Потенциалы действия гладких мышц разнообразны по форме и амплитуде (некоторые из них имеют вид пиковых потенциалов,

потенциалов в виде плато). Потенциалы действия гладкомышечных клеток несколько опережают их сокращения.

Гладкие мышцы контактируют друг с другом с помощью нексусов и обладают возбудимостью, проводимостью, сократимостью и автоматией.

Возбудимость гладких мышц значительно ниже возбудимости поперечнополосатой мышечной ткани. Уровень, величина возбудимости гладкомышечных клеток определяется уровнем мембранного потенциала и может значительно меняться под влиянием механических (растяжение) и химических (ацетилхолин, адреналин, гормоны) факторов. Гладкие мышцы более чувствительны к химическим веществам, чем скелетные, вследствие особенностей строения их внешней мембраны, которая вся или частично является хеморецептивной. Все процессы в гладких мышцах протекают значительно медленнеё, чем в скелетных мышцах.

Проводимость в гладкой мышце, в отличие от скелетной мышцы, возбуждение может передаваться от клетки к клетке, вызывая их сокращение. Скорость проведения возбуждения коррелирует со скоростью сокращения и в среднем составляет 3–5 см/с, в тонкой кишке – 1 м/с. Малые размеры гладкомышечных клеток, наличие больших межклеточных промежутков и внеклеточных пространств, особенности внутриклеточных ультраструктур и способов передачи возбуждения лежат в основе более медленной передачи возбуждения в гладкой мышце.

Гладкие мышцы характеризуются длительным процессом сокращения, например тонус гладких мышц сосудов, длительное сокращение мышц кишечника в период пищеварения. Сокращение начинается после длительного латентного периода и длится несколько секунд. Фаза укорочения значительно короче периода расслабления. Длительное сокращение гладкой мускулатуры называется тоническим или тонусом. Энергетические затраты при тонусе гладких мышц малы, обмен веществ в гладкой мышце при тонусе увеличивается незначительно. Механизм тонического сокращения гладких мышц изучен недостаточно. В нем различают два основных компонента: систему, инициирующую длительное сокращение, и систему его сохранения. При тонических сокращениях разных гладких мышц соотношение этих компонентов может быть различным. Система инициации – активации тонического мышечного сокращения, по-видимому, включает асинхронную или частично асинхронную активность отдельных гладкомышечных клеток. При этом в каждой клетке поддерживается состояние длительного сокращения.

Особенность гладких мышц является чрезвычайная зависимость силы сокращения от степени их растяжения. Чем сильнее растянута мышца (в физиологических пределах), тем выше амплитуда её сокращения.

Сокращения и расслабления гладкой мышцы в ответ на раздражения протекают по-разному при изменении частоты спонтанной ритмики. При низкой частоте спонтанной ритмики (низком тонусе) внешние раздражения усиливают тонус. Раздражение, воздействующеё в период высокого тонуса гладких мышц, вызывает их расслабление. Объяснение этому следует искать в том, что раздражители попадают в рефрактерную фазу от предыдущего сокращения. Унитарные мышцы на одиночный нервный импульс не реагируют. Если же поступает серия импульсов, то в результате суммации возникает потенциал действия и мышца сокращается. Гладкие мышцы сокращаются при частом ритме раздражений на 60–75 %, что больше, чем у скелетной мышцы.

Изменение скелетных мышц с возрастом. Масса мышечной ткани в процессе онтогенеза значительно изменяется. У новорожденного она составляет 23,3 % массы тела; 27,2 % у восьмилетнего ребенка; 32,6 % в возрасте 15 лет; 44,2 % в 17–18-летнем возрасте. Рост мышечной массы происходит за счет удлинения и утолщения мышечных

волокон, а не их числа. К старости развивается атрофия мышечных волокон, а их диаметр к 70 годам уменьшится вдвое, а к 90 годам – в 3,5 раза. Поперечная исчерченность мышц ослабляется, а ход волокон теряет параллельное расположение. В старческом возрасте размер ядер мышечных клеток уменьшается. Двигательные нервные окончания появляются в мышцах на 13–14-й неделе внутриутробного развития. Однако даже к 7–8 годам они не достигают еще уровня развития, характерного для взрослых. Рецепторный аппарат развивается быстрее и опережает формирование моторных нервных окончаний. К моменту рождения рецепторы мышц сформированы достаточно хорошо. Это определяет важнейшую функцию мышц в формировании всего организма человека. Кровоснабжение мышц в ходе онтогенеза изменяется. В детском возрасте это рассыпной тип ветвления сосудов, а у взрослых он магистральный. Общая структура сосудов и капиллярная сеть к моменту рождения в основном сформированы.

В ходе онтогенеза значительно изменяются функциональные свойства мышц. Чувствительность мышц к различным гуморальным факторам и их электровозбудимость на разных возрастных этапах изменяются. Изучение изменения лабильности мышц показало, что во внутриутробном периоде она низкая (они могут произвести 3–4 сокращения в одну секунду). С возрастом лабильность увеличивается, и тонические свойства утрачиваются; сокращение мышц все более приобретает черты тетануса. Эта перестройка во многом связана с совершенствованием нервно-мышечного синапса и, в частности, значительным увеличением его пропускной способности. Улучшаются также физико-химические свойства мышечной ткани (совершенствуются взаимодействия АТФ с белками мышц и другие).

В процессе старения лабильность мышц уменьшается. Изменяется также мембранный потенциал, что связано с интенсивностью обменных процессов, связанных с транспортом калия в мышечную клетку.

Функция скелетной мускулатуры в антенатальном периоде и состоянии новорожденности характеризуется постоянной активностью скелетных мышц. Они не расслабляются даже во время сна. Важной формой рефлекторной стимуляции скелетных мышц является колебание температуры окружающей среды в диапазоне не ниже зоны комфорта. Антигравитационные реакции, обеспечивая в течение жизни постоянное напряжение и активность мышц, оказывают большое влияние на развитие всего нервно-мышечного аппарата и двигательной функции в целом. Одновременно в результате развивающейся активности моторно-висцеральных рефлексов глубокие изменения происходят в вегетативных органах и системах (дыхание, кровообращение, выделение и другие), повышается эффективность использования биоэнергетических ресурсов, что находит отражение в снижении потребления O_2 на 1 кг массы. Тоническое возбуждение центров блуждающего нерва оказывает на эти процессы существенное влияние.

Развитие процесса возбуждения в мышцах у лиц разного возраста имеет особенности. Так, длительность токов действия моторных единиц после рождения укорачивается и к 1–4 годам составляет 5–6 мс, при достижении зрелого возраста – 3,5–5,5 мс; к старости имеет место удлинение токов действия на 10–15 мс.

Развитие различных групп мышц у человека идет неравномерно, отражая влияние сил гравитации, времени и пространства. Специальными исследованиями, посвященными силе, скорости и выносливости, показано, что в процессе онтогенеза под влиянием сил гравитации складывается характерная для каждого возрастного периода топография функций различных групп мышц. Разработка теории «топографии» позволяет глубже понять взаимодействие организма человека с

факторами окружающей среды и сделать более целенаправленными практические средства и методы для развития и сохранения нервно-мышечного аппарата человека.

Если мышечная деятельность достаточно интенсивна или длительна, то в организме человека происходят значительные изменения. Эти изменения затрагивают все органы и клетки организма и столь значительно, что можно говорить о переходе организма на иной, более высокий, уровень функционирования. Поэтому знание закономерностей изменений, происходящих во время выполнения мышечной работы, и умение управлять этими процессами, позволяют существенно влиять на функционирование организма без ущерба для здоровья человека во время занятий физической культурой и спортом.

Глава IV. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В УПРАВЛЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ДЕЙСТВИЯМИ

В регуляции двигательных актов принимает участие, как скелетная мышца, так и разные отделы центральной нервной системы. Регуляция скелетных мышц осуществляется за счет физиологических механизмов, находящихся непосредственно в мышечных волокнах. В нервно-мышечных синапсах периодически возникают тормозные процессы, что приводит к чередованию сокращений мышечных волокон, составляющих функциональную (моторную) единицу. Регуляция мышцы во многом зависит от степени её активности. Когда мышца работает, в ней образуется значительное количество недоокисленных продуктов метаболизма, среди которых немалое значение имеет молочная кислота. Работающие ткани выделяют также избыток CO_2. Эти кислые продукты, действуя местно, вызывают расширение капилляров, способствуют открытию резервных капилляров. Расширению капилляров способствует также их механическое растяжение располагающимися в промежутках между ними мышечными волокнами. Увеличение кровоснабжения обеспечивает высокий уровень обмена веществ. Процессы, связанные с энергетическими химическими реакциями в деятельной мышце, также относятся в значительной части к саморегулируемым. Другие формы регуляции мышцы связаны с её тонической активностью и осуществляются рефлекторно через центры спинного мозга и других отделов ЦНС.

Управление движениями на уровне спинного мозга. Спинной мозг обеспечивает: определенный уровень мышечного тонуса как фона для активных движений; активные фазные движения в виде ответов на раздражения, называемые спинальными рефлексами.

Ч. Шеррингтоном было сформулировано положение о том, что в спинном мозге генетически закладываются нейронные ансамбли (связи между клетками). Активация нейронных ансамблей возникает при раздражении проприоцептивных и кожных рецепторов, вызывает такие двигательные реакции, как рефлексы на растяжение; сгибательный, чесательный, отряхивательный рефлексы и так далее. Нейронные объединения, осуществляющие подобные реакции, рассматриваются как функциональные ансамбли центральной нервной системы. Для каждого типа спинального рефлекса существует определенная рецептивная зона (поле) на периферии, при раздражении которой легче и быстрее вызывается данный рефлекс. При осуществлении любого рефлекса на сегментарном уровне происходит сложное внутрицентральное взаимодействие между клеточными популяциями, одним из примеров которого может служить механизм реципрокной иннервации.

Спинальные двигательные центры представлены двумя большими клеточными группами с различным функциональным назначением. К одной из них относятся альфа-мотонейроны, оказывающие прямое активирующеё воздействие на мышечные волокна (экстра-фузальные волокна), к другой – гамма-мотонейроны, осуществляющие контроль над чувствительностью мышечных веретен (интрафузальные волокна) к растяжению мышц.

Следует отметить, что двигательная активность регулируется многими нервными центрами, располагающимися на разных уровнях центральной нервной системы, и бывает нормальной только при строгой координации тонической и фазовой форм мышечной деятельности.

Вегетативные процессы в двигательной деятельности. Физиологические процессы, протекающие в вегетативных органах и системах, входят неразрывной частью во все виды и формы двигательных актов. Нейрогуморальные механизмы регуляции лежат в основе развития функциональной активности вегетативных органов и систем как в доработчий период, так в процессе упражнения и после его окончания. Они активизируются по механизму безусловного и условного рефлекса и обеспечивают глубокое взаимодействие процессов расхода и восстановления функциональных и структурных ресурсов в течение всех рассматриваемых периодов работы. В период, предшествующий работе по механизму условного рефлекса, развивается стартовое состояние (оно характеризуется предрабочими сдвигами в организме). При этом возникают разносторонние изменения в вегетативных органах и системах, обеспечивающих готовность организма к предстоящей работе.

В единстве с двигательным динамическим стереотипом формируется вегетативный динамический стереотип, представляющий собой комплекс условных и безусловных рефлексов, обеспечивающих регуляцию вегетативной сферы в соответствии с уровнем двигательной активности. Если проводить длительную тренировку заданной или переменной интенсивности, а затем изменять характер физических нагрузок, то в течение некоторого времени вегетативные сдвиги (дыхание и другие) будут соответствовать предыдущей работе. Таким образом, в формировании целостной двигательной активности вегетативный компонент является в ряде случаев более инертным, чем двигательный.

В процессе формирования двигательного навыка его двигательные и вегетативные компоненты развиваются не одновременно. При простых двигательных актах вегетативный компонент формируется в ряде случаев позже, а при сложных – раньше, чем завершается формирование двигательных координации.

В зависимости от характера и интенсивности физической нагрузки отмечается изменение функциональной активности взаимодействующих органов и систем. Например, при торможении функции почек мобилизуется активность потовых желез; спазм сосудов внутренних органов сопровождается расширением сосудов мышц, сердца и центральной нервной системы, что обеспечивает изменение в направлении потока основной массы крови.

Конечная эффективность той или иной деятельности может быть достигнута за счет различного взаимодействия составляющих её компонентов. Так, например, необходимые для обеспечения данного вида работы минутный объём крови, и величина легочной вентиляции могут быть достигнуты за счет различных комбинаций величин ударного объёма крови и частоты сердечных сокращений, частоты и глубины дыхания. Необходимое для данной психофизиологической нагрузки потребление O_2 на 1 кг массы тела достигается различными комбинациями величин – минутного объёма крови, величины поперечного сечения капиллярного русла, площади трансмембранного обмена, различной активностью ферментативных транспортных систем и другие. Широкая межсистемная, внутрисистемная взаимосвязь и компенсация вегетативных функций играет самую существенную роль при сложных и интенсивных видах деятельности.

Изменения различных вегетативных функций в процессе упражнения. Важной характеристикой двигательной деятельности является уровень обмена веществ и энергии. Обмен веществ и энергии у тренированного человека при физической нагрузке может достигнуть величин, не доступных нетренированному организму. В состоянии покоя он характеризуется экономизацией. Регистрируется сохранение азотистого баланса, который бывает положительным в период развития гипертрофии мышц. Запасы углеводов в тренированном организме увеличены, а содержание жира

уменьшено. Основной обмен обычно сохраняется на уровне стандартных величин. Лишь после предельных по интенсивности и длительности, физических тренировках он может быть ниже стандартных величин на 10–15 % и более. Непосредственно в период после интенсивных физических нагрузок и эмоциональных напряжений обмен в состоянии покоя может быть повышен.

Систематические упражнения приводят к развитию дыхательных мышц, в результате жизненная емкость увеличивается (у мужчин до 6000 $см^3$, у женщин, до 4500 $см^3$ и более), частота дыхания в покое уменьшается, а глубина увеличивается, что способствует лучшей аэрации легочной ткани и облегчает работу сердца. Возбудимость дыхательного центра у тренированного человека несколько понижена, о чем говорит отмечающаяся у таких людей способность к более длительной задержке дыхания.

При выполнении упражнения под влиянием рефлекторных и гуморальных механизмов повышается активность дыхательного центра. При этом потребление кислорода увеличивается при легкой мышечной работе в 2–3 раза по сравнению с уровнем, характерным для покоя, а при тяжелой работе различие возрастает в 20–30 раз. Чрезмерная активизация дыхательного центра снижает величины легочной вентиляции. Мышцы конечностей и туловища, дыхательные мышцы, сердце, ЦНС потребляют наибольшее количество общего объёма поступающего в организм кислорода.

Уровень потребления кислорода в процессе работы во многом зависит от совершенства координации движений. Участие в выполнении упражнения мышц, не имеющих непосредственного отношения к двигательному акту, приводит к повышению потребления кислорода без увеличения мощности и эффективности работы. При совершенной координации движений, экономной работе дыхательных мышц и сердца, возможно, достигнуть повышения мощности работы без увеличения потребления кислорода. На работу дыхательных мышц расходуется тем больше кислорода, чем интенсивнеё работа (при минутном объеме дыхания, равном 150 литров, требуется дополнительно один литер кислорода). Поэтому меньшее повышение легочной вентиляции на стандартную работу и хорошая координация вдоха и выдоха у тренированных лиц делает работу более экономной.

При выполнении той или иной работы требуется определенное количество кислорода, которое называется кислородным запросом (общий кислородный запрос – количество O_2, необходимое на всю работу, минутный – количество O_2, потребляемое за одну минуту при данной работе). Общий кислородный запрос складывается из величины потребления кислорода во время работы, а также избыточного потребления кислорода в период стартового состояния и в процессе восстановления. Он обеспечивается активизацией и взаимодействием дыхания, крови и кровообращения. При длительной и интенсивной физической работе легочная вентиляция может достигать у тренированного спортсмена 180 литров и более в одну минуту (у нетренированного человека – 60–100 литров). Это позволяет поддерживать абсолютное содержание и парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе на уровне, обеспечивающем полное насыщение крови кислородом. Этому также способствует усиление кровотока через легкие и увеличение площади раскрытых альвеол, через стенки которых осуществляется газообмен. Все эти факторы приводят к тому, что при относительно легкой работе кровь, оттекающая из легких, насыщена O_2 больше, чем это имеет место в покое (HbO_2 в артериальной крови возрастает до 97–98 %). При тяжелой работе содержание O_2 в венозной крови падает, скорость объемного кровотока через легкие возрастает (часть крови идет через раскрывающиеся шунты) и в результате содержание HbO_2 в артериальной крови может снизиться, особенно у нетренированных лиц, до 92–94 и даже до 80 %. Распаду

карбоксигемоглобина, выделению CO_2 и образованию оксигемоглобина в легких способствует относительно низкая температура, возникающая при увеличении легочной вентиляции.

Обеспечение работающих органов и тканей кислородом связано также с изменением кислородной емкости крови и её транспортной функции. Во время работы в результате активации рефлекторных механизмов, регулирующих тонус сосудов, богатая эритроцитами кровь выходит из депо, что приводит к увеличению содержания в каждом её объеме гемоглобина и кислородной ёмкости крови на 25 %. Непосредственно в тканях также имеется ряд физиологических механизмов, обеспечивающих увеличение потребления кислорода. Это связано с увеличением объёма протекающей через ткани крови и площади транскапиллярного обмена в результате увеличения площади, как раскрытых капилляров, так и включения новых капилляров, которые в покое находятся в спавшемся состоянии. Большую роль в снабжении тканей кислородом играет миоглобин, который имеет большое сродство к кислороду, и, соединяясь с кислородом крови, обеспечивает запас O_2 в мышцах. Мышцы, выполняющие длительную интенсивную работу, содержат возросшеё количество оксимиоглобина. У зародыша человека содержание его в мышце 0,6 %, у взрослого – 2,7 %. Миоглобин связывает 14 % O_2 от общего запаса его в организме. При тренировке увеличиваются активность ферментов, содержание миоглобина, креатинофосфорной кислоты, АТФ, гликогена, липидов в мышце. Усиливается активность ацетилхолина в сокращенной мышце. Обмен веществ при стандартной работе у тренированного человека становится более экономным и расход энергии на её обеспечение сокращается вдвое.

Увеличение в процессе упражнения разности O_2 в системе кровь – ткань возникает в результате увеличения потребления O_2 в тканях. Повышение температуры в тканях, увеличение концентрации Н-ионов способствует распаду HbO_2, ускорению и увеличению объёма и быстроты отдачи O_2 тканям.

Эффективность двигательной деятельности во многом зависит от функции органов пищеварения. Систематические оптимальные по интенсивности и длительности физические упражнения стимулируют обмен веществ и органы пищеварения. Усиление аппетита вызывает обильное сокоотделение в пищеварительном тракте, что улучшает процесс пищеварения. Возможен и неблагоприятный эффект физических нагрузок на деятельность органов пищеварения. Это может быть при интенсивных и длительных физических нагрузках при совершенно пустом желудке или после значительного приема пищи. В этих случаях в связи с оттоком крови от органов пищеварения и торможением сокоотделения в пищеварительных железах функции органов пищеварения, особенно слизистой желудка, нарушаются. Затрудняется физическая активность человека и в случае приема пищи непосредственно перед работой. При этом наблюдается высокое стояние диафрагмы, опирающейся на наполненный желудок, торможение в перераспределении крови, затруднения в дыхании. В связи со сказанным прием пищи следует производить за 2–2,5 часа до работы. Начинать же длительную интенсивную работу следует после приема малых количеств углеводной пищи, имеющей обволакивающие свойства и содержащей необходимые витамины и соли. Подкормки во время длительной работы также необходимы, а их состав должен иметь вышеназванный характер.

Физическая работа немыслима без удаления из организма продуктов распада энергетических веществ. Эту роль выполняют выделительные системы. При мышечной работе образуется избыточное количество молочной и угольной кислоты, мочевины, креатина и фосфорной кислоты, аммиака и другие. Эти вещества активизируют функцию центров дыхания, обмена веществ и поступают в мочу и пот и

удаляются из организма почками и потовыми железами. В процессе работы рефлекторное кровоснабжение почек резко уменьшается и мочеобразование задерживается. Это приводит к повышению плотности мочи, увеличиванию концентрации в ней молочной кислоты и продуктов белкового обмена. Гипоксия почечной ткани, сужение сосудов, повышенная концентрация молочной кислоты могут вызвать появление белка в моче после интенсивных и длительных физических нагрузок. Подобное явление чаще встречается у нетренированных лиц.

Деятельность потовых желез в процессе физической работы усиливается в результате рефлекторных влияний и повышения температуры тела. Это компенсирует недостаточную функцию почек.

Во время мышечной работы возрастает как образование, так и отдача тепла. Повышение температуры тела на 1–1,5°С во время мышечной работы улучшает работоспособность организма. При этом ускоряются окислительно-восстановительные процессы в его тканях. Повышение температуры тела возникает по механизму условного рефлекса и в предстартовом состоянии, что способствует улучшению развертывания дальнейшей функциональной активности организма в целом. При интенсивной работе в условиях отставания теплоотдачи от теплообразования температура тела повышается до 38,5–39,5°С. Это приводит в ряде случаев, особенно у нетренированных лиц, к снижению работоспособности и опасности возникновения теплового удара. Подобная ситуация может возникнуть и при относительно небольшой температуре воздуха (20–25°С) и его высокой влажности.

Во всей системе нейрогуморальных механизмов, обеспечивающих регуляторные процессы в работающем организме, значение имеет функция желез внутренней секреции. Сопоставление веса надпочечников у тренированных и нетренированных крыс показывает, что у первых они развиты значительно больше. Особенно существенное влияние на работоспособность оказывают как гормоны коркового слоя надпочечников, так и поджелудочная железа. Повышенное количество инсулина обеспечивает высокий уровень углеводного обмена, что лежит в основе высокой работоспособности. При этом активизируется мобилизация гликогена печени. Специальными экспериментами показана роль щитовидной железы, гипофиза в механизмах активизации обмена веществ при выполнении физических упражнений. Выявлена особая роль кортикотропного гормона и кортикостероидов коры надпочечников в развитии приспособительных реакций при напряженных физических нагрузках.

Взаимодействие различных органов и систем у тренированного человека обеспечивает полное снабжение организма и использование работающими органами и тканями поступающего кислорода (коэффициент утилизации кислорода возрастает с 30 до 70 %) и питательных веществ, а также удаления продуктов распада.

В целом система нейрогуморальной регуляции функционального состояния различных органов и систем обеспечивает возможность тренированному организму в ответ на дозированную нагрузку реагировать более экономно, а при значительных напряжениях развертывать физиологические резервы, не доступные нетренированному организму.

Рассмотрение различных процессов и механизмов, составляющих существо вегетативного обеспечения двигательной активности, выявляет не только диапазон возможностей функциональных систем, но и наличие физиологических резервов в организме животного и человека.

Вместе с тем сопоставление в процессе упражнения динамики изменения различных вегетативных функций говорит о том, что они непараллельны – отмечается

гетерохронизм, обеспечивающий их специфическую взаимосвязь на каждом этапе упражнения.

Совершенствование взаимодействия возбудительно-тормозных процессов в центральной нервной системе. В ходе упражнения на основе образования временных связей формируется взаимодействие процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе. Вместе с тем условнорефлекторная связь различных «пунктов» сформированной мозаики динамического стереотипа выражается в том, что деятельность одного из её «пунктов» тренирует всю систему. Так, например, выполнение части двигательного навыка оказывает положительное влияние на навык в целом. При продолжительной и однообразной тренировке, приводящей к закреплению и значительному ограничению условных рефлексов, взаимоотношения между «пунктами» корковой мозаики постепенно теряют должную взаимосвязь, что сказывается на развитии работоспособности.

Функционирование динамического стереотипа связано с раздражителями, вызывающими реакции, как торможения, так и возбуждения и имеющими промежуточное значение. Так, например, при образовании условного рефлекса на звук показано, что тоны, близкие к «тормозным», давали тормозной эффект, а близкие к активным – положительный эффект. При этом чем больше тренированность, тем дифференцировка между ними тоньше. Тоны же, лежащие по высоте между ними, давали то положительный, то тормозной эффект. В ходе упражнения промежуточные тоны стали давать тормозной эффект и, наконец, превращались в индифферентные тоны. Это связано с тем, что между возбужденными и тормозными «пунктами» в коре больших полушарий образуется «индифферентное поле», которое в зависимости от функционального состояния центральной нервной системы может передвигаться то в сторону возбужденного, то в сторону заторможенного «пункта» коры больших полушарий. При физической тренировке между возбужденными двигательными центрами образуется тормозное поле, обеспечивающеё выключение из деятельности органов и мышц, непосредственно не связанных с выполнением данного двигательного акта. Таким образом, упражнение вызывает концентрацию возбуждения во всё меньших структурах коры больших полушарий. Происходит это потому, что импульсы с неработающих мышц или других рецепторных полей играют роль неподкрепленных раздражителей, вызывающих явление торможения. При выполнении как физических, так и любых других упражнений это имеет значение для борьбы с утомлением, поскольку меньшее количество возбужденных нейронов создает лучшие условия для их активности, а также сменности в работе.

Формирование условнорефлекторных взаимоотношений возбужденных и заторможенных структур в стереотипе нервных процессов наблюдается как в пространстве, так и во времени. Условным раздражителем, вызывающим двигательную реакцию на время, служит следовое состояние корковых клеток, характеризующеёся уровнем их возбуждения к моменту действия очередного условного сигнала. При закрепленном тренировкой ритме движения корковые клетки в момент, наблюдаемый сразу после окончания мышечного сокращения, находятся в тормозном состоянии. При коротких интервалах в действии мышечных сокращений смена тормозного процесса возбуждением происходит значительно быстрее, и нарастание возбуждения идет более круто. При более длинных интервалах между раздражителями отрицательная индукция после возбуждения нервного центра более продолжительна. После образования и многократного подкрепления условного рефлекса на время, даже если в результате большого интервала между действием раздражителей нет двигательной реакции, наблюдается повышенная возбудимость соответственных нервных центров к моменту очередного действия условного раздражителя. Считается, что подобная динамика

нервных процессов лежит в основе так называемого «чувства ритма». Положение А. А. Ухтомского об усвоении ритма, которое следует считать одной из характеристик состояния тренированности, находит в вышеизложенных данных дополнительное подтверждение.

Повышенная подвижность нервных процессов оказывает влияние на быстроту сокращения и расслабления мышц и переключение в ходе выполнения упражнений.

Из сказанного выше следует, что важнейшим показателем тренированности в деятельности центральной нервной системы является рост подвижности, уравновешенности, а также концентрации как в пространстве, так во времени возбудительных и тормозных процессов.

Формирование в ходе упражнения содружественных отношений между нервными центрами. Сопряженные (реципрокные) отношения между центрами мышц характеризуются тем, что при возбуждении одного центра возникает торможение другого. Другой формой взаимодействия между центрами являются отношения однозначные (возбуждение одного из нервных центров приводит к возбуждению другого). Такого рода отношения между нервными центрами могут наблюдаться, например, при удерживании над головой груза рукой, вытянутой вверх. В этом случае возбужденными будут как центры сгибателей, так и разгибателей.

Как однозначные, так и реципрокные отношения между нервными центрами, регулирующими мышечные сокращения, не постоянны. В ходе упражнения эти отношения могут быть в значительной степени изменены в результате перестройки взаимодействия нервных центров в центральной нервной системе. Доказательством подобной перестройки в формировании однозначных и реципрокных отношений служат изменения в функции пересаженных хирургическим путем мышц. Если мышцу, бывшую сгибателем, пересадить на место разгибателя, то через некоторое время она приобретает функцию разгибателя. Подобная перестройка возникает и в ходе упражнения. У нетренированных лиц при выполнении ритмичной работы биотоки в мышцах-антагонистах появляются одновременно и сохраняются после её окончания. У тренированных испытуемых имеет место более четкая направленная импульсация нервных центров в зависимости от двигательной задачи. Так, при сгибании в локтевом суставе биотоки вначале появляются в двуглавой мышце, а при разгибании – в трехглавой.

Переход от однозначных отношений к реципрокным и наоборот может осуществляться не только при изменении вида упражнения в целом, но и в ходе самого упражнения. Примером этого могут быть многочисленные гимнастические, легкоатлетические и другие упражнения, трудовые навыки, а также движения, употребляемые в лечебной физической культуре.

Таким образом, наличие совершенных реципрокных и однозначных форм взаимоотношений нервных центров характеризует высокую степень тренированности.

Под влиянием профессиональной деятельности и специальной тренировки происходит повышение чувствительности анализаторов. При этом порог восприятия снижается. Особенно тонко изменяется в процессе упражнения чувствительность двигательного анализатора. Это проявляется в том, что физически подготовленный человек может точно соразмерять усилия различных групп мышц, скорость и амплитуду движений при выполнении двигательных актов. Повышается различительная способность зрительного и кожного анализаторов.

Однако эту сформированную для данного упражнения адекватную чувствительность можно нарушить, применяя в слишком большом количестве и несовместимые с данным упражнением движения. Например, человек, работающий с большим грузом, не может отличить друг от друга небольшие по массе предметы. Это, в частности, одна из причин возможного нарушения координации движений у

спортсменов различных специальностей, пианистов, танцоров и других при долгой работе с неадекватными для своей профессии усилиями.

С ростом тренированности, особенно у прыгунов с трамплина на лыжах и в воду, верхолазов и других лиц, выполняющих упражнения, которые связаны с изменением положения тела в пространстве и при работе на качающейся опоре, увеличивается точность координации движений в этих условиях. Зависит это в определенной степени от развития адекватных реакций со стороны вестибулярного анализатора, а также уточнения зрительных оценок и взаимосвязанных с ними двигательных действий.

Особенно значение в процессе упражнения имеет повышение устойчивости соматических и вегетативных функций при вестибулярных нагрузках, что создает стабильность проявления двигательных качеств и навыков.

Большое значение в овладении ритмом движений у певца, музыканта, танцора и при выполнении циклических и ациклических упражнений у спортсменов имеет слуховой анализатор.

Таким образом, в ходе тренировки состояние анализаторов меняется как в результате совершенствования каждого из них, так и взаимодействия между ними.

Повышение пластичности коры больших полушарий как показатель тренированности. Пластичность коры больших полушарий характеризуется способностью к образованию, переделке и угашению условных рефлексов. В ходе разностороннего упражнения образуются и переделываются временные связи, что оказывает влияние на способность центральной нервной системы к более быстрому образованию новых двигательных навыков и изменению уже существующих. При этом тренировка тех или иных процессов, связанных с деятельностью одного анализатора, может оказать влияние на другие. Так, например, если многократно просматривать на экране ход выполнения того или иного физического упражнения, это облегчает процесс обучения данному упражнению. Полученные в настоящее время фактические научные данные свидетельствуют о том, что оптимальные для каждого возраста и систематические физические упражнения способствуют более длительному сохранению высокой работоспособности и, безусловно, оказывают влияние на спортивное долголетие и качество жизни.

В опытах по переделке динамического стереотипа нервных процессов наблюдаются две фазы: разрушение старых временных связей; образования новых условных связей. Отмечается, что переделка одного из условных рефлексов оказывает влияние на развитие способности к переделке временных связей в смежных видах активности. Так, например, переделка рефлексов при активации зрительного анализатора ведет к тренировке нервных процессов, связанных с функцией звукового анализатора. При достижении высокой тренированности пластичность коры больших полушарий значительно развивается, что обусловливает возможность относительно более быстрого усвоения приемов умственной и физической работы, формирование новых тонких дифференцировок без нарушений в осуществлении старых. Этот результат достигается, в частности, потому, что физические упражнения, сами, вызывая изменения в вегетативных функциях и во внутренней среде, мобилизуют механизмы, обеспечивающие сохранение их постоянства и устойчивости, которые могут быть мобилизованы мышечным сокращением.

Все сказанное приводит к выводу, что нервно-мышечный аппарат кроме обеспечения различных форм двигательной активности имеет другую, не менее важную и неразрывно связанную с движением функцию. Мышечные сокращения – важнейший фактор, обеспечивающий развитие и уравновешивание процессов во внутренней среде и вегетативных системах организма, сдвиги в которых постоянно возникают под влиянием меняющихся внешних и внутренних раздражителей.

Глава V. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ И СИСТЕМУ КРОВИ

При физической работе активизируется функция сердца. В результате систолический объем крови у тренированного человека увеличивается до 150 мл и более, частота сердечных сокращений может достигнуть 200 в минуту, минутный объем крови – до 25–35 литров и приток крови к мышцам – до 20–25 литров.

Оптимальная гипертрофия сердца сопровождается развитием сети капилляров и анастомозов между ними, увеличением содержания гликогена и белковых соединений (миоглобина) в сердечной мышце. Отмечается также изменение тонуса и дилатация полостей сердца. Отношение массы сердца к массе тела может увеличиваться на 40 %. Объем полостей сердца у тренированных людей в среднем равен 1000 мл, у нетренированных – 550–600 мл. Через венечные сосуды при нагрузке протекает крови в три раза больше, чем в покое.

Тренировка приводит к усилению парасимпатических влияний на органы кровообращения. В результате их функциональные резервы увеличиваются. Блуждающий нерв у тренированных лиц в покое вызывает брадикардию (иногда до 30–40 в минуту). Отмечается гиподинамия миокарда, что характеризуется, в частности, увеличением в состоянии покоя остаточного объёма крови в желудочках после их сокращения. Это является резервом для повышения систолического объёма крови при мышечной работе. Минутный объём крови у тренированных людей в состоянии покоя понижен, что свидетельствует об экономизации энергетического обмена. Уровень кровяного давления, упругость и вязкость артериальных стенок находятся в пределах обычных возрастных норм. Нарушение же режима нагрузок и отдыха в большинстве случаев вызывает синусовую аритмию. Имеют место изменения в фазовой структуре сердечного цикла.

Повышение работоспособности тесно связано с активизацией кровообращения в работающем органе. Расширение сосудов в работающем органе называется рабочей или функциональной гиперемией. Предполагается, что она возникает рефлекторно и под влиянием ряда веществ, выделяющихся при работе. Наиболее постоянный сосудорасширяющий эффект дают ионы калия. Имеются данные о том, что тонус мышц сосудистых стенок регулируется мышечными клетками, обладающими высокой степенью автоматики – водителями ритма. Сокращение скелетных мышц приводит к деформации водителей ритма и нарушает их связь с гладкими мышцами сосудистой стенки. В результате они расслабляются и сосуды расширяются. Следует отметить, что нервные импульсы, вызывающие сокращение мышцы, одновременно усиливают её кровоснабжение. В развитии рабочей гиперемии большое значение имеет перераспределение с помощью нейрогуморальных механизмов потока крови в направлении работающих органов.

Приспособление сердца к нагрузке. Можно выделить ряд механизмов такой адаптации. При любой (физиологической и патологической) гиперфункции сердца в миокардиальных элементах может возникать состояние энергетического дефицита, поскольку на обеспечение сократительного акта начинает идти больше энергии. Механизмы адаптации в этих условиях направлены на ликвидацию энергетического дефицита с тем, чтобы сердечные миоциты вырабатывали энергию в точном соответствии с падающей на сердце нагрузкой. Наиболее быстро включаются два механизма. Во-первых, удлинение диастолы, то есть увеличение периода времени, в течение которого в миокарде осуществляется ресинтез богатых энергией фосфорных

соединений. Эксперименты показывают, что чем больше удлиняется диастола, тем меньше снижается сократительная сила сердца. Второй механизм – это набухание митохондрий. Поскольку изменения их объёма происходят даже на продолжении одиночного сердечного сокращения, можно утверждать, что требуются доли секунды для включения этого механизма, приводящего к развертыванию митохондриальных крист и увеличению их энергообразующей поверхности. Производными от этих двух реакций – удлинений диастолы и набухания митохондрий – является третий адаптационный механизм – закон Франка-Старлинга. Удлинение диастолы ведет к повышенному кровенаполнению желудочков сердца, то есть к усилению растяжения миофибрилл, усилению сдавления набухших митохондрий и к включению гетерометрического механизма, регуляции сократительной силы сердца.

Длительная перегрузка сердечной мышцы ведет к развитию еще одного важного адаптационного механизма – компенсаторной гипертрофии сердечной мышцы. Динамика этого механизма принципиально сводится к следующему. В условиях перегрузки и гиперфункции сердечной мышцы вследствие включения указанных выше реакций (удлинение диастолы, набухание митохондрий, лизосомная активация) происходит усиление выработки энергии. Часть энергии, вырабатывающейся в активно функционирующем миокарде, тратится на обеспечение белковосинтетических процессов, причем, чем выше общий уровень выработки энергии, тем больше её идет и на процессы синтеза. Вследствие активации синтеза белков в сердечных миоцитах увеличивается масса миофибрилл, и повышенная нагрузка будет преодолеваться увеличенным количеством массы сократительных элементов, то есть нагрузка на каждую структуру сердца уменьшается.

Одним из важных факторов, воздействующих на сердце, является гипоксия, то есть недостаточное поступление кислорода к сердечной мышце. Гипоксия может быть локальной, связанной с нарушениями или недостаточностью венечного кровообращения, и общей, возникающей при снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, что наблюдается, например, в условиях высокогорья. Гипоксия – мощный фактор, активирующий адаптационные механизмы сердца. Гипоксия приводит к возникновению дефицита энергии в сердце, а это, как бы активирует генетический аппарат сердечных клеток, вызывая интенсификацию синтеза нуклеиновых кислот и белков. Это, в свою очередь, ведет к усилению синтеза митохондрий, что увеличивает их мощность и соответственно ресинтез АТФ на единицу массы клетки. Активация синтеза всех внутриклеточных структур увеличивает общую массу сердца и тем самым уменьшает нагрузку, приходящуюся на каждый функционирующий элемент. Дефицит энергии устраняется, и сердце тем самым адаптируется к новым условиям работы.

Таким образом, сердечная мышца обладает мощным аппаратом адаптации к функциональной нагрузке, как при физиологических, так и патогенных влияниях на организм. Вместе с этим адаптационные реакции могут содержать в своей основе элементы будущих возможных «поломов». Так, например, на основе длительно существующей компенсаторной гипертрофии миокарда постепенно развивается так называемый комплекс изнашивания гипертрофированного сердца. Дело заключается в том, что при развитии гипертрофии миокарда масса миофибрилл увеличивается значительно интенсивнее, чем масса митохондрий, и с течением времени в сердечной мышце начинает возникать недообеспеченность энергией отдельных её участков. Эти участки миокарда гибнут, замещаются соединительной тканью и в конечном итоге развивается процесс, получивший название кардиосклероза. Сократительная функция сердца ослабевает, и возникает сердечная недостаточность, то есть состояние, при котором нагрузка, падающая на сердце, превышает его способность совершать работу.

Одним из важных адаптационных (к функциональной нагрузке) механизмов сердца – его способность к значительному увеличению числа сердечных сокращений. В условиях же недостаточности кислорода в окружающем воздухе тахикардия ведет к усилению циркуляции крови в организме, росту минутного объёма крови. А это ведет к увеличению оксигенации крови и доставки кислорода к периферическим по отношению к сердцу тканям. Они суммарно начинают получать такое же количество кислорода, как и при более медленном темпе сокращений сердца в условиях нормального содержания кислорода во вдыхаемом воздухе. Однако, как показывают и клинические и экспериментальные исследования, укорочение сердечного цикла при тахикардии происходит в основном за счет диастолы. Таким образом, при резком увеличении частоты сердечных сокращений может существенно сократиться период ресинтеза в миокарде макроэргических фосфорных соединений. Кроме того, при значительном укорочении диастолы уменьшается степень наполнения полостей сердца кровью, а это приводит к ослаблению сократительной силы вследствие нарушения гиперометрического механизма регуляции сердечных сокращений. Таким образом, адаптация к одному фактору вызовет дезадаптацию к другим. Поэтому при оценке адаптационных механизмов сердца очень важно установить ту грань, за которой приспособление может перейти в свою противоположность.

Частота сердечных сокращений (ЧСС). ЧСС зависит от многих факторов, включая возраст, пол, условия окружающей среды, функциональное состояние, положение тела. ЧСС выше в вертикальном положении тела по сравнению с горизонтальным, уменьшается с возрастом, а также ЧСС подвержена суточным колебаниям (биоритмам). Во время сна она снижается на 3–7 сокращений в минуту, после приема пищи возрастает, особенно если пища богата белками, что связано с увеличением поступления крови к органам брюшной полости. Температура окружающей среды также оказывает влияние на ЧСС, которая увеличивается в линейной зависимости от нее.

У спортсменов ЧСС в покое ниже, чем у нетренированных людей, и составляет 50–55 в минуту. У спортсменов экстра-класса (лыжники-гонщики, велогонщики, марафонцы-бегуны и другие) ЧСС может составлять 30–35 в минуту. Физическая нагрузка приводит к увеличению ЧСС. Отмечается линейная зависимость между ЧСС и интенсивностью работы в пределах 50–90 % переносимости максимальных нагрузок. При легкой физической нагрузке ЧСС сначала значительно увеличивается, затем постепенно снижается до уровня, который сохраняется в течение всего периода стабильной работы. При более интенсивных и длительных нагрузках имеется тенденция к увеличению ЧСС, причем при максимальной работе она нарастает до предельно достижимой. ЧСС увеличивается пропорционально величине мышечной работы. Обычно при уровне нагрузки 1000 кгм/мин ЧСС достигает 160–170 в минуту. По мере дальнейшего повышения нагрузки сердечные сокращения ускоряются более умеренно и постепенно достигают максимальной величины – 170–200 в минуту. Дальнейшее повышение нагрузки уже не сопровождается увеличением ЧСС.

Следует отметить, что работа сердца при очень большой частоте сокращений становится менее эффективной, так как значительно сокращается время наполнения желудочков кровью и уменьшается ударный объем. Тесты с возрастанием нагрузок и достижения максимальной частоты сердечных сокращений приводят к истощению, и на практике используются лишь в спортивной и космической медицине. По рекомендации ВОЗ допустимыми считаются нагрузки, при которых ЧСС достигает 170 в минуту и на этом уровне обычно останавливается при определении переносимости физических нагрузок и функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Артериальное давление (АД). Существует градиент давления, направленный от артерий к артериолам и капиллярам и от периферических вен к центральным венам. Кровяное давление уменьшается в следующем направлении: аорта – артериолы – капилляры – венулы – крупные вены – полые вены. Благодаря этому градиенту кровь течет от сердца к артериолам, затем к капиллярам, венулам, венам и обратно к сердцу. Максимальное давление, достигаемое в момент выброса крови из сердца в аорту, называется систолическим (СД). Когда после выталкивания крови из сердца аортальные клапаны захлопываются, давление падает до величины, соответствующей так называемому диастолическому давлению (ДД). Разница между систолическим и диастолическим давлениями называется пульсовым давлением.

Среднее артериальное давление – один из самых важных параметров гемодинамики:

$$САД = АД_{диаст.} + (Ад_{пульсовое}) / 2$$

Наблюдения показывают, что при физическом утомлении среднее АД повышается на 10–30 мм рт. ст.

Максимальное или систолическое давление – величина, отражающая весь запас потенциальной и кинетической энергии, которым обладает движущаяся масса крови на данном участке сосудистой системы. Максимальное давление складывается из бокового систолического давления и ударного (гемодинамический удар). Боковое систолическое давление действует на боковую стенку артерии в период систолы желудочков. Гемодинамический удар создается при внезапном появлении препятствия перед движущимся в сосуде потоком крови, при этом кинетическая энергия на короткий момент превращается в давление. Гемодинамический удар является результатом действия инерционных сил, определяемых как прирост давления при каждой пульсации, когда сосуд сжат. Величина гемодинамического удара у здоровых людей равна 10–20 мм рт. ст. Истинное пульсовое давление представляет собой разницу между боковым и минимальным артериальным давлением.

С возрастом у мужчин систолическое и диастолическое давление растут равномерно. У женщин же зависимость давления от возраста сложнее: от 20 до 40 лет давление у них увеличивается незначительно, и величина его меньше, чем у мужчин. После 40 лет у женщин показатели давления быстро возрастают и становятся выше, чем у мужчин.

При физической нагрузке систолическое и диастолическое АД, сердечный выброс и частота сердечных сокращений повышаются, равно как и при ходьбе в умеренном темпе. В покое и во время сна АД существенно снижается, особенно если оно было повышенным. Артериальное давление повышается у спортсменов перед стартом, иногда даже за несколько дней до соревнований.

На артериальное давление влияют главным образом три фактора: ЧСС, изменение периферического сопротивления сосудистого русла и изменение ударного объёма, или сердечного выброса крови.

Ударный объём сердца (УОС). При переходе от состояния покоя к нагрузке УОС быстро увеличивается и достигает стабильного уровня во время интенсивной ритмичной работы длительностью 5–10 минут. Максимальная величина ударного объёма сердца наблюдается при ЧСС 130 в минуту. В дальнейшем с увеличением нагрузки скорость прироста ударного объёма крови резко уменьшается. При мощности работы, превышающей 1000 кгм/мин, составляет лишь 2–3 мл крови на каждые 100 кгм/мин увеличения нагрузки. При длительных и нарастающих нагрузках ударный объем уже не увеличивается, но даже несколько уменьшается. Поддержание необходимого уровня кровообращения обеспечивается большей частотой сердечных

сокращений. Сердечный выброс увеличивается главным образом за счет более полного опорожнения желудочков, то есть путем использования резервного объёма крови.

Минутный объём сердца (МОС). Одним из главных показателей функции сердца является величина минутного объёма крови (МОК), выбрасываемой в систему большого круга кровообращения. МОК может меняться в широких пределах: от 4–5 л/мин в покое, до 25–30 л/мин при тяжелой физической нагрузке.

МОС определяется ударным объемом сердца и частотой сердечных сокращений, зависит от положения тела человека, его пола, возраста, тренированности, условий внешней среды и многих других факторов.

Во время физической нагрузки средней интенсивности в положении сидя и стоя МОС примерно на 2 л/мин меньше, чем при выполнении той же нагрузки в положении лежа. Объясняется это скоплением крови в сосудах нижних конечностей из-за действия силы притяжения.

При интенсивной нагрузке минутный объем сердца может возрастать в шесть раз по сравнению с состоянием покоя, коэффициент утилизации кислорода – в три раза. В результате доставка O_2 к тканям увеличивается приблизительно в 18 раз, что позволяет при интенсивных нагрузках у тренированных лиц достичь возрастания метаболизма в 15–20 раз по сравнению с уровнем основного обмена.

В возрастании минутного объёма крови при физической нагрузке важную роль играет так называемый механизм мышечного насоса. Сокращение мышц сопровождается сжатием в них вен, что немедленно приводит к увеличению оттока венозной крови из мышц нижних конечностей. Посткапиллярные сосуды (в основном вены) системного сосудистого русла (печень, селезенка и другие) также действуют как часть общей резервной системы, и сокращение их стенок увеличивает отток венозной крови. Все это способствует усиленному притоку крови к правому желудочку и быстрому заполнению сердца.

При выполнении физической работы МОС постепенно увеличивается до стабильного уровня, который зависит от интенсивности нагрузки и обеспечивает необходимый уровень потребления кислорода. После прекращения нагрузки МОС постепенно уменьшается. Лишь при легких физических нагрузках увеличение минутного объёма кровообращения происходит за счет увеличения ударного объёма сердца и ЧСС. При тяжелых физических нагрузках оно обеспечивается главным образом за счет увеличения частоты сердечных сокращений.

Сосудистое сопротивление. Под влиянием физических нагрузок существенно изменяется сосудистое сопротивление. Увеличение мышечной активности приводит к усилению кровотока через сокращающиеся мышцы, причем местный кровоток увеличивается в 12–15 раз по сравнению с нормой. Одним из важнейших факторов, способствующих усилению кровотока при мышечной работе, является резкое уменьшение сопротивления в сосудах, что приводит к значительному снижению общего периферического сопротивления. Снижение сопротивления начинается через 5–10 секунд после начала сокращения мышц и достигает максимума через одну минуту или позже. Это связано с рефлекторным расширением сосудов, недостатком кислорода в клетках стенок сосудов работающих мышц (гипоксия). Во время работы мышцы поглощают кислород быстрее, чем в спокойном состоянии.

Величина периферического сопротивления различна на разных участках сосудистого русла. Это обусловлено, прежде всего, изменением диаметра сосудов при разветвлении и связанными с ним изменениями характера движения и свойств движущейся по ним крови (скорость кровотока, вязкость крови и другие). Основное сопротивление сосудистой системы сосредоточено в ее прекапиллярной части – в мелких артериях и артериолах: 70–80 % общего падения давления крови при движении

ее от левого желудочка до правого предсердия приходится на этот участок артериального русла. Поэтому эти сосуды называются сосудами сопротивления или резистивными сосудами.

Кровь, представляющая собой взвесь форменных элементов в коллоидно-солевом растворе, обладает определенной вязкостью. Выявлено, что относительная вязкость крови уменьшается с увеличением скорости ее течения, что связывают с центральным расположением эритроцитов в потоке и их агрегацией при движении. Замечено также, что чем менее эластична артериальная стенка (то есть, чем труднее она растягивается), тем большее сопротивление приходится преодолевать сердцу для проталкивания каждой новой порции крови в артериальную систему и тем выше поднимается давление в артериях при систоле.

Региональный кровоток. Кровоток в органах и тканях при значительной физической нагрузке существенно изменяется. Работающие мышцы требуют усиления обменных процессов и значительного увеличения доставки кислорода. Кроме того, усиливается терморегуляция, так как дополнительное тепло, вырабатываемое сокращающимися мышцами, должно быть отведено к поверхности тела. Увеличение минутного объёма сердца (МОС) само по себе не может обеспечить адекватное кровообращение при значительной работе. Чтобы условия для обменных процессов были благоприятными, наряду с увеличением минутного объёма сердца требуется еще и перераспределение регионального кровотока.

В состоянии покоя кровоток в мышце составляет около 4 мл/мин на 100 грамм мышечной ткани. При интенсивной динамической работе возрастает до 100–150 мл/мин на 100 грамм мышечной ткани. В интенсивно работающих мышцах кровоток возрастает в 15–20 раз, причем количество функционирующих капилляров может увеличиться в 50 раз. Кровоток усиливается в начале нагрузки, а затем достигает стабильного уровня. Период адаптации зависит от интенсивности нагрузки и обычно длится от одной до третей минуты. Хотя скорость кровотока в работающих мышцах увеличивается в 20 раз, аэробный обмен может возрастать в 100 раз за счет повышения утилизации O_2 с 20–25 до 80 %. Удельный вес кровотока в мышцах может возрасти с 21 % в покое до 88 % при максимальных нагрузках.

Во время физической нагрузки кровообращение перестраивается в режим максимального удовлетворения потребностей в кислороде работающих мышц, но если количество получаемого работающей мышцей кислорода меньше требуемого, то обменные процессы в ней протекают частично анаэробно. В результате возникает кислородный долг, который возмещается уже после окончания работы. Известно, что анаэробные процессы в два раза менее эффективны, чем аэробные.

Кровообращение каждой сосудистой области имеет свою специфику. Коронарный кровоток во время физической нагрузки возрастает пропорционально увеличению минутного объёма сердца (МОС). В покое он составляет около 60–70 мл/мин на 100 г миокарда, при нагрузке может усиливаться более чем в пять раз. Даже в покое утилизация кислорода миокардом очень велика (70–80 %) и любое повышение потребности в кислороде, возникающее при физических нагрузках, может обеспечиваться только увеличением коронарного кровотока.

Легочный кровоток во время физической нагрузки значительно возрастает, и происходит перераспределение крови. Содержание крови в легочных капиллярах повышается с 60 мл в покое до 95 мл при напряженной нагрузке, а в целом в системе легочных сосудов – с 350–800 мл до 1400 мл и более. При интенсивных физических нагрузках площадь поперечного сечения легочных капилляров увеличивается в 2–3 раза, и скорость прохождения крови через капиллярное ложе легких возрастает в 2–2,5 раза. Установлено, что в покое часть капилляров в легких не функционирует.

Изменение кровотока во внутренних органах играет важнейшую роль в перераспределении регионарного кровообращения и улучшении кровоснабжения работающих мышц при значительных физических нагрузках. В покое кровообращение во внутренних органах (печень, почки, селезенка, пищеварительный аппарат) составляет около 2,5 л/мин, то есть около 50 % минутного объёма сердца. По мере увеличения нагрузок величина кровотока в этих органах постепенно уменьшается, и его показатели при максимальной физической нагрузке могут свестись к 3–4 % минутного объёма сердца. Например, печеночный кровоток при тяжелой физической нагрузке снижается на 80 %. В почках во время мышечной работы кровоток уменьшается на 30–50 %, причем это уменьшение пропорционально интенсивности нагрузки, а в отдельные периоды очень кратковременной интенсивной работы почечный кровоток может даже прекратиться.

Уменьшение кровотока во внутренних органах является важным фактором, регулирующим гемодинамику при физических нагрузках и, в частности, оптимальное кровоснабжение работающих мышц, сердца и легких, а также регулирование повышенной теплоотдачи, особенно при тренировках в зонах жаркого и влажного климата.

Кровоток в коже в покое составляет около 500 мл/мин, что соответствует 10 % минутного объёма сердца. Он подвержен значительным изменениям, связанным с окружающей средой, физическими нагрузками и другими факторами. Под влиянием физических нагрузок сосуды кожи расширяются, и кровоток возрастает в 3–4 раза, что создает оптимальные условия для теплоотдачи.

Взаимодействие дыхания и кровообращения. Развертывание работы дыхания и кровообращения начинается в период стартового состояния, разминки (перед стартом) и в начальный период работы (так называемый период врабатывания), в конце которого достигаются максимальные показатели в потреблении кислорода (кислородный потолок). У нетренированного человека за одну минуту может быть потреблено 2–3 литра кислорода. У хорошо тренированного спортсмена, соответственно, – 5–6 литров и более. Сравнение возможностей легких к получению кислорода из окружающей среды и системы кровообращения к транспорту кислорода показывает, что снабжение кислородом тканей лимитируется работой сердца и возможностями циркуляции крови.

Недостаточное обеспечение работающего организма кислородом может возникнуть в связи с биомеханическими особенностями двигательного акта, когда часть легких подвергается сжатию (кровь при этом идет через артериовенозные анастомозы) при натуживании. При выполнении работы различной длительности и интенсивности уровень потребления кислорода может быть ниже потребности или обеспечивать кислородный запрос. В том случае если кислородный запрос находится на постоянном уровне и полностью покрывается во время работы, то данное состояние является истинным устойчивым состоянием. В отличие от этого возможна работа, при выполнении которой кислородный запрос находится на постоянном уровне, превышающем возможности организма к его удовлетворению. При этом возникает кажущееся устойчивое состояние, оно не может быть длительным из-за нарастающего кислородного голодания тканей и особенно нервных клеток. При кажущемся устойчивом состоянии или при любой работе, если кислородное потребление, ниже кислородного запроса, возникает кислородный долг. Кислородный долг – это количество кислорода, необходимое для расщепления в организме продуктов распада (окисления органических соединений, в том числе молочной кислоты), недоокисленных в процессе работы и их выведения. Этот кислород организм получает по окончании работы за счет сохраняющейся высокой активности дыхания и

кровообращения в восстановительном периоде. Ликвидация кислородного долга продолжается от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от длительности и интенсивности выполненной работы. Максимальная величина кислородного долга у нетренированного человека может достигать 10 литров, а у тренированного спортсмена – 15–20 литров. Именно адаптация тканей к гипоксии лежит в основе сохранения работоспособности в условиях кислородного долга.

Изменение крови. В результате физической работы возникает миогенный лейкоцитоз. Первая фаза – лейкоцитарная (количество лейкоцитов достигает 10000 в 1 мм^3 крови, содержание лимфоцитов до 40–50 %) возникает в результате вымывания лейкоцитов из лимфатических желез и выхода сгущенной крови из депо. Вторая фаза – первая нейтрофильная (количество лейкоцитов 12–18 тыс. в 1 мм^3, нейтрофилов – 70–80 %, количество лимфоцитов снижается до 15–20 % и эозинофилов до 1–2 %). Стимуляция кроветворных органов в этой фазе приводит к выходу в кровь незрелых форм лейкоцитов, в том числе юных и палочкоядерных нейтрофилов. Третья фаза – вторая нейтрофильная (лейкоцитов – 20–50 тыс. в 1 мм^3, юных – 3–4 %, палочкоядерных нейтрофилов – 20–30 %, снижение количества лимфоцитов до 3–1 %, эозинофилы – исчезают из крови). Та или иная фаза миогенного лейкоцитоза возникает в зависимости от длительности и интенсивности физической нагрузки, а также тренированности человека.

В результате наличия мощных буферных систем у тренированных лиц, сдвиг pH крови при упражнении значительно меньше выражен. Щелочной резерв у них на 10–15 % больше, чем у нетренированных людей. Вязкость крови повышена.

Физическая нагрузка вызывает миогенный тромбоцитоз, что приводит к ускорению свертывания крови. Количество эритроцитов и гемоглобина возрастает. Таким образом, физическая нагрузка мобилизует и развивает резервы и защитные силы организма, что является важной стороной специфических и неспецифических результатов двигательной активности.

Газы и pH крови, гематокрит. Газы и pH крови во время физических нагрузок на субмаксимальном уровне существенно не изменяются. Усиленная легочная вентиляция во время работы обеспечивает нормальный или повышенный показатель O_2 в альвеолах. Напряжение O_2, CO_2 в тканях и щелочной резерв также существенно не меняются. Повышенная потребность в тканевом дыхании удовлетворяется целым рядом компенсаторных механизмов. В частности, возрастает утилизация O_2 за счет более полного восстановления гемоглобина (НЬ). Ускорение кровотока и раскрытие капилляров в работающих мышцах способствуют доставке тканям большего количества кислорода и лучшему выведению углекислого газа. Поступление в кровяное русло новых эритроцитов обеспечивает увеличение кислородной емкости крови.

Только при тяжелой физической работе, когда в мышцах в дополнение к аэробным процессам возникают и анаэробные, повышается содержание молочной кислоты в крови, возрастает pCO_2, уменьшается щелочной резерв, а в результате понижается pH крови.

Под влиянием мышечной работы возрастает гематокрит (Hct), в результате чего увеличивается способность артериальной крови транспортировать кислород. Увеличение кислородной емкости артериальной крови при переходе из состояния покоя к физической нагрузке в среднем составляет 1,3 мл на 100 мл. Общее количество гемоглобина зависит от его концентрации, общего объёма крови и физической активности. Наряду с благоприятным влиянием на гемодинамику возрастание гематокрита (Hct) при физической нагрузке имеет и отрицательное значение, так как повышение концентрации эритроцитов приводит к увеличению вязкости крови, что затрудняет кровоток и ускоряет время свертывания. В этой связи при тренировках, и

особенно во время соревнований, при посещении сауны (бани) показан прием жидкости (питье), лучше напитков, содержащих микроэлементы, соли, витамины.

Наблюдения показывают, что у спортсменов общее количество гемоглобина, объем сердца и объем крови по отношению к весу тела выше, чем у лиц, занимающихся спортом. У спортсменов способность крови транспортировать кислород выше. Она выражается максимальной величиной поглощения (усвоения) кислорода или количеством кислорода, доставляемым к тканям за одно сокращение сердца.

Внутрисердечная гемодинамика. При физических нагрузках возрастает потребность работающих мышц в O_2, в связи с этим меняется внутрисердечная гемодинамика. При тяжелой физической нагрузке систолическое давление в правом желудочке значительно возрастает – с 3,2 кПа до 5,9 кПа (с 24 до 44 мм рт. ст.).

Фаза сердечного цикла следующая: 1) систола предсердий, 2) фаза изометрического напряжения желудочков, 3) фаза быстрого изгнания, 4) фаза медленного изгнания, 5) фаза изометрического расслабления желудочков, 6) фаза быстрого наполнения и 7) фаза медленного наполнения.

При сокращении сердечной мышцы она укорачивается (изотоническое сокращение), а когда мышца уже не способна укоротиться, то говорят об изометрическом сокращении мышцы. При таком сокращении в мышце развивается напряжение. Когда сердце сокращается при замкнутых клапанах, то сокращение происходит именно в изометрическом режиме в условиях постоянного объёма, кровь из него не выбрасывается (фаза изометрического сокращения).

Термин «сократимость» отражает способность сердечной мышцы сокращаться и совершать работу при определенном растяжении ее волокон. На сократимость влияют такие факторы, как раздражение симпатических волокон или действие норадреналина, повышение концентрации кальция или воздействие другими агентами. Сила сокращения возрастает также при увеличении нагрузки на сердце вследствие повышения давления в аорте или увеличении частоты сердечных сокращений.

В результате исследований и наблюдений было установлено, что под влиянием систематических физических нагрузок происходит умеренное расширение полостей желудочков. Увеличение размеров сердца и компенсаторная гипертрофия – обратимые явления, после прекращения систематических тренировок объем сердца постепенно уменьшается.

Сердечный выброс и распределение крови. Около 80–85% общего объёма циркулирующей крови находится в большом круге кровообращения, остальная часть – в малом (легочном).

Сердечный выброс (СВ) – это общее количество крови, выбрасываемой сердцем в единицу времени. Обычно выброс оценивают за одну минуту (минутный объем). Объем крови, выбрасываемый за одно сокращение, называется ударным объемом. Минутный объем равен ударному объему, помноженному на частоту сокращений сердца. В среднем у взрослых СВ составляет 5 л/мин, варьируясь в зависимости от массы тела и конституции. Более точным показателем является сердечный индекс, равный сердечному выбросу (СВ), отнесенному к площади поверхности тела (в $м^2$). У человека средней упитанности площадь поверхности тела составляет приблизительно 1,7 $м^2$, а сердечный индекс соответственно равен 3 $л/м^2$/мин. Физическая нагрузка существенно влияет на сердечный выброс и частоту сердечных сокращений.

Мышечный насос. Движение крови по венам обеспечивается рядом факторов: работой сердца, клапанным аппаратом вен, «мышечным насосом» и другими. Вены верхних и нижних конечностей снабжены клапанами, а глубокие вены окружены мышцами. При физической нагрузке мышцы действуют как насосы, оказывая давление на вены снаружи. Чем чаще и активнее движения, например при ходьбе, тем

эффективнее «насосное действие» мышц. Правда, сокращение мышц, пережимая сосуды, затрудняет кровоток. Но если сокращения носят перемежающийся характер, то уменьшение кровотока во время фазы сокращения эффективно компенсируется за счет кислорода, связанного с миоглобином. Поэтому во время ритмичной нагрузки, возникающей при беге, ходьбе на лыжах, езде на велосипеде, кровоснабжение мышц конечностей, увеличивается. Сокращение мышц брюшного пресса ведет к вытеснению значительного количества крови из сосудов печени, кишечника и селезенки, увеличивая приток крови к сердцу и тем самым влияя на сердечный выброс.

При сокращении мышц вены в них сжимаются, что немедленно приводит к увеличению притока крови к правому желудочку (мышечному насосу). Увеличение оттока венозной крови из мышц нижних конечностей способствует быстрому заполнению сердца и, кроме того, повышает давление перфузии в нижних конечностях за счет снижения давления в венах голени и ступни. Активация мышечного насоса сопровождается изменениями в посткапиллярных сосудах (в основном в венах) системного кровообращения. Физические упражнения вызывают рефлекторное увеличение напряжения стенок венозных сосудов как в работающих, так и в неработающих конечностях. Это напряжение сохраняется в течение всей нагрузки и пропорционально степени ее тяжести.

Коэффициент полезного действия (КПД) сердца. КПД сердца, равный отношению совершенной работы к затраченной энергии, составляет всего 14–25 %, что говорит о значительных потерях энергии. При физической нагрузке и тренировке КПД сердца может увеличиться. При повышении АД нагрузка на сердце увеличивается, а КПД уменьшается. Поэтому для облегчения работы сердца желательно, чтобы кровяное давление было сравнительно низким, а сердечный выброс – большим.

Глава VI. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОРГАНЫ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ

Дыхание – это единый процесс, осуществляемый целостным организмом и состоящий из трех неразрывных звеньев: внешнего дыхания, то есть газообмена между внешней средой и кровью легочных капилляров; переноса газов, осуществляемого системами кровообращения; внутреннего (тканевого) дыхания, то есть газообмена между кровью и клеткой, в процессе которого клетки потребляют кислород и выделяют углекислоту.

Основу тканевого дыхания составляют сложные окислительно-восстановительные реакции, сопровождающиеся освобождением энергии, которая необходима для жизнедеятельности организма.

Работоспособность человека (в частности, спортсмена) определяется в основном тем, какое количество кислорода (O_2) забрано из наружного воздуха в кровь легочных капилляров и доставлено в ткани и клетки. Указанные выше три звена дыхания тесно связаны между собой и обладают взаимной компенсацией звена.

Система внешнего дыхания состоит из легких, верхних дыхательных путей, бронхов, грудной клетки и дыхательных мышц (межреберные, диафрагма и другие). Внешнее дыхание обеспечивает обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров. То есть насыщение венозной крови кислородом и освобождение ее от избытка углекислоты, что свидетельствует о взаимосвязи функции внешнего дыхания с регуляцией кислотно-щелочного равновесия. В физиологии дыхания функцию внешнего дыхания разделяют на три основных процесса – вентиляцию, диффузию и перфузию (кровоток в капиллярах легких).

Под вентиляцией следует понимать обмен газа между альвеолярным и атмосферным воздухом. От уровня альвеолярной вентиляции зависит постоянство газового состава альвеолярного воздуха. Объем вентиляции зависит, прежде всего, от потребности организма в кислороде при выведении определенного количества углекислого газа, а также от состояния дыхательных мышц, проходимости бронхов и пр. Не весь вдыхаемый воздух достигает альвеолярного пространства, где происходит газообмен. Если объем вдыхаемого воздуха равен 500 мл, то 150 мл остается в «мертвом» пространстве, и за минуту через дыхательную зону легких в среднем проходит (500 мл – 150 мл) х 15 (частота дыхания) = 5250 мл атмосферного воздуха. Эта величина называется альвеолярной вентиляцией. «Мертвое» пространство возрастает при глубоком вдохе, его объем зависит также от массы тела и позы обследуемого.

Диффузия – это процесс пассивного перехода кислорода из легких через альвеолокапиллярную мембрану в гемоглобин легочных капилляров, с которыми кислород вступает в химическую реакцию.

Перфузия (орошение) – наполнение легких кровью по сосудам малого круга. Об эффективности работы легких судят по состоянию между вентиляцией и перфузией. Указанное соотношение определяется числом вентилируемых альвеол, которые соприкасаются с хорошо перфузируемыми капиллярами. При спокойном дыхании у человека верхние отделы легкого расправляются полнее, чем нижние. При вертикальном положении тела нижние отделы перфузируются кровью лучше, чем верхние.

Легочная *вентиляция* повышается параллельно увеличению потребления кислорода, причем при максимальных нагрузках у тренированных лиц она может

возрастать в 20–25 раз по сравнению с состоянием покоя и достигать 150 л/мини и более. Такое увеличение вентиляции обеспечивается возрастанием частоты и объёма дыхания, причем частота может увеличиться до 60–70 дыханий в одну минуту, а дыхательный объем – с 15 до 50 % жизненной емкости легких.

В возникновении гипервентиляции при физических нагрузках важную роль играет раздражение дыхательного центра в результате высокой концентрации углекислого газа и водородных ионов при высоком уровне молочной кислоты в крови.

Исследование функции внешнего дыхания спортсменов позволяет наряду с системами кровообращения и крови оценить функциональное состояние в целом и его резервные возможности.

Для исследования функции внешнего дыхания пользуются спирометрами. Определяются следующие показатели легочной вентиляции: частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), жизненную ёмкость легких (ЖЁЛ), максимальную вентиляцию легких (МВЛ), остаточный объем легких (ОО), общую ёмкость легких (ОЁЛ). Кроме того, исследуются сила дыхательной мускулатуры, бронхиальная проходимость и другие.

Объем легких при входе не всегда одинаков. Объем воздуха, вдыхаемый при обычном вдохе и выдыхаемый при обычном выдохе, называется *дыхательным воздухом (ДВ).*

Частота дыхания (ЧД) – количество дыханий в одну минуту. Определение ЧД производят по спирограмме или по движению грудной клетки. Средняя частота дыхания у здоровых лиц 16–18 в минуту, у спортсменов – 8–12 в минуту. В условиях максимальной нагрузки ЧД возрастает до 40–60 в минуту.

Глубина дыхания (ДО) – объем воздуха спокойного вдоха или выдоха при одном дыхательном цикле. Глубина дыхания зависит от роста, веса, пола и функционального состояния спортсмена. У здоровых лиц ДО составляет 300–800 мл.

Минутный объем дыхания (МОД) характеризует функцию внешнего дыхания. Часть дыхательного объёма, которая участвует в газообмене с легочной кровью, называется альвеолярным объемом. С физиологической точки зрения альвеолярная вентиляция – наиболее существенная часть наружного дыхания, так как она является тем объемом вдыхаемого за одну минуту воздуха, который обменивается газами с кровью легочных капилляров.

Вентиляционным эквивалентом (ВЭ) называется соотношение между МОД и величиной потребления кислорода. В состоянии покоя один литр кислорода в легких поглощается из 20–25 литров воздуха. При тяжелой физической нагрузке вентиляционный эквивалент увеличивается и достигает 30–35 литров. Под влиянием тренировки на выносливость вентиляционный эквивалент при стандартной нагрузке уменьшается. Это свидетельствует о более экономном дыхании у тренированных лиц. С возрастом ВЭ при данной нагрузке увеличивается. Восстановление МОД после нагрузки у тренированных лиц происходит быстрее.

Жизненная ёмкость легких (ЖЁЛ) состоит из дыхательного объёма, резервного объёма вдоха и резервного объёма выдоха. ЖЁЛ зависит от пола, возраста, размера тела и тренированности. ЖЁЛ составляет в среднем у женщин 2,5–4 литров, у мужчин – 3,5–5 литров. Под влиянием тренировки ЖЁЛ возрастает, у хорошо тренированных спортсменов она достигает 8 литров.

Общая Ёмкость легких (ОЁЛ) представляет собой сумму ЖЁЛ и остаточного объёма легких, то есть того воздуха, который остается в легких после максимального выдоха и может быть определен только косвенно. У молодых здоровых людей 75–80 % ОЁЛ занимает ЖЁЛ, а остальное приходится на остаточный объем. У спортсменов доля

ЖЁЛ в структуре ОЁЛ увеличивается, что благоприятно отражается на эффективности вентиляции.

Для оценки *бронхиальной проходимости* используют тест ФЖЁЛ (форсированная жизненная ёмкость легких). Обследуемому предлагают максимально глубоко вдохнуть и быстро выдохнуть. ФЖЁЛ у здоровых людей ниже ЖЁЛ на 200–300 мл. В норме ФЖЁЛ за секунду составляет не менее 70 % ЖЁЛ.

Пневмотахометрия проводится пневмотахометром Б. Е. Вотчала. Методом пневмотахометрии определяют скорость воздушной струи при максимально быстром вдохе и выдохе. *У* здоровых лиц этот показатель колеблется у мужчин от 5 до 8 л /с, у женщин – от 4 до 6 л/с. Отмечена зависимость пневмотахометрического показателя от ЖЁЛ и возраста. Обнаружено, что чем больше ЖЁЛ, тем выше максимальная скорость выдоха. Пневмотахометрический показатель зависит от бронхиальной проходимости, силы дыхательной мускулатуры спортсмена, его возраста, пола и функционального состояния.

Функциональная проба Розенталя позволяет судить о функциональных возможностях дыхательной мускулатуры. Проба проводится на спирометре, где у обследуемого спортсмена 4–5 раз подряд с интервалом в 10–15 секунд определяют ЖЁЛ. В норме получают одинаковые показатели. Снижение ЖЁЛ на протяжении исследования указывает на утомляемость дыхательных мышц.

Пробы Штанге и Генчи дают некоторое представление о способности организма противостоять недостатку кислорода. Значение проб Штанге и Генчи увеличивается, если вести наблюдения постоянно, в динамике.

Проба Штанге. Измеряется максимальное время задержки дыхания после глубокого вдоха. При этом рот должен быть закрыт, и нос зажат пальцами. Здоровые люди задерживают дыхание в среднем на 40–50 секунд; спортсмены высокой квалификации – до 5 минут, а спортсменки – от 1,5 до 2,5 минут.

С улучшением физической подготовленности в результате адаптации к двигательной гипоксии время задержки нарастает. Следовательно, увеличение этого показателя при повторном обследовании расценивается (с учетом других показателей) как улучшение подготовленности (тренированности) спортсмена.

Проба Генчи. После неглубокого вдоха сделать выдох и задержать дыхание. У здоровых людей время задержки дыхания составляет 25–30 секунд. Спортсмены способны задержать дыхание на 60–90 секунд. При хроническом утомлении время задержки дыхания резко уменьшается.

Исследование диффузной способности легких. Для оценки второго этапа функции внешнего дыхания – газообмена между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров – важно определить количество поглощенного кислорода и выделенной углекислоты. В атмосферном воздухе содержится 20,93 % кислорода и 0,02–0,03 % углекислого газа.

Функция внешнего дыхания изучается с помощью аппаратов закрытого и открытого типов.

Аппараты закрытого типа – спирографы. Испытуемый вдыхает воздух из аппарата и выдыхает его туда же, то есть дыхательные пути и аппарат составляет замкнутую систему. При этом определяют ЧД, МВЛ, МОД, ЖЁЛ, ФЖЁЛ и другие.

Открытый способ исследования: испытуемый вдыхает атмосферный воздух и выдыхает его в мешок Дугласа или газовый счетчик, определяющий объем выдыхаемого воздуха. Анализ пробы выдыхаемого воздуха в газоанализаторе (аппарат Холдена) позволяет определить процент поглощения кислорода и выделения углекислого газа.

Транспортировка газов кровью. Величина pH. Вентиляция легких тесно связана с образованием углекислого газа в организме. В условиях интенсивной нагрузки ее рост вызывается анаэробиозом работающих мышц и усиленным раздражением дыхательного центра.

Диффузную способность легких характеризует так называемая диффузная емкость, то есть количество газов, диффундирующих между альвеолами и легочными капиллярами, которое выражается в миллилитрах (мл) в единицу времени на каждую единицу разности парциального давления (мм рт. ст.). В состоянии покоя диффузная емкость по кислороду колеблется в пределах 20–30 мл/мин/мм рт. ст. При физической нагрузке емкость возрастает пропорционально потреблению кислорода. У хорошо тренированных спортсменов с аэробной мощностью в 5 л/мин диффузная ёмкость легких по кислороду достигает 75 мл/мин/мм рт. ст.

Транспортировка кислорода зависит от диффузии этого газа из капиллярной крови в митохондрии клеток ткани (мышц). Скорость тканевой диффузии определяется парциальным давлением кислорода в капиллярной крови и расстоянием между капиллярами (их плотностью). Скорость перемещения кислорода увеличивается за счет интенсификации кровотока – «резерв кровотока». Содержание кислорода в крови может быть несколько увеличено гипервентиляцией, то есть вдыханием кислорода или гипербарических смесей – «дыхательный резерв».

В условиях физической нагрузки в результате понижения pH и увеличения температуры крови кривая диссоциации оксигемоглобина смещается вправо. Таким образом, сохраняется адекватный градиент кислорода и увеличивается десатурация оксигемоглобина при данном парциальном давлении кислорода.

Одновременно в первые 10–15 минут нагрузки субмаксимальной мощности происходят гемоконцентрация и повышение содержания гемоглобина (НЬ). Это обусловлено выходом определенного количества плазмы из сосудистого русла, вызванным увеличением артериального и осмотического давления в мышечной ткани (повышением концентрации метаболитов), а также увеличением площади капиллярной поверхности (открытие дополнительных капилляров). При тяжелой физической работе pH артериальной крови снижается в связи с выделением молочной кислоты в процессе анаэробного гликолиза. Снижение pH артериальной крови усиливает вентиляцию легких.

При максимальной велоэргометрической нагрузке в венозной крови, оттекающей от работающих мышц, обнаруживаются резкие сдвиги: pH – 6,99; парциальное давление углекислого газа – 78 мм рт. ст.; парциальное давление кислорода – 10 мм рт. ст.

Потребление кислорода и кислородный долг. В состоянии покоя средний расход энергии человека составляет примерно 1,25 ккал/мин, то есть 250 мл кислорода в минуту. Эта величина варьирует в зависимости от размеров тела обследуемого, его пола и условий окружающей среды. При физической нагрузке расход энергии может увеличиваться в 15–20 раз.

При спокойном дыхании взрослые молодые люди затрачивают около 20 % общего расхода энергии. Для перемещения воздуха в легкие и из них требуется меньше 5 % общего потребления кислорода. Работа дыхательной мускулатуры и затраты энергии на дыхание с увеличением вентиляции легких растут в большей степени, чем минутный объем дыхания.

Известно, что работа дыхательных мышц идет на преодоление сопротивления воздушному потоку в дыхательных путях и эластического сопротивления легочной ткани и грудной клетки. Наблюдения показывают, что эластичность меняется также в

связи с кровенаполнением легких, тренировка увеличивает число капилляров в легких, не отражаясь заметно на альвеолярной ткани.

При физических нагрузках вентиляция легких, вентиляционный эквивалент, ЧСС, кислородный пульс, артериальное давление и другие параметры изменяются в прямой зависимости от интенсивности нагрузки или степени ее прироста, возраста спортсмена, его пола и тренированности. При больших физических нагрузках выполнять работу за счет только аэробных механизмов энергопродукции способны люди с очень хорошим функциональным состоянием.

После завершения нагрузки потребление кислорода постепенно снижается и возвращается к исходному уровню. Количество кислорода, которое в восстановительном периоде потребляется сверх уровня основного обмена, называется кислородным долгом. Кислородный долг погашается четырьмя путями:

– аэробное устранение анаэробного метаболизма («истинный кислородный долг»);

– увеличенное потребление кислорода мышцей сердца и дыхательной мускулатурой (до восстановления исходной частоты пульса и дыхания);

– увеличенное потребление кислорода тканями в зависимости от временного повышения температуры и содержания в них катехоламинов;

– пополнение кислородом миоглобина.

Размер кислородного долга по окончании работы зависит от величины усилия и тренированности обследуемого. При максимальной нагрузке длительностью 1–2 минуты у нетренированного человека может образоваться кислородный долг в 3–5 литров, у спортсмена высокой квалификации – 15 литров и более. Максимум кислородного долга является мерой, так называемой анаэробной мощности. Кислородный долг характеризует общую емкость анаэробных процессов, то есть суммарное количество работы, совершаемое при максимальном усилии.

Доля анаэробной энергопродукции отражается в концентрации молочной кислоты в крови. Молочная кислота образуется непосредственно в мышцах во время нагрузки, однако необходимо некоторое время, пока она диффундирует в кровь. Поэтому наибольшая концентрация молочной кислоты в крови обычно наблюдается на 3–9-й минуте восстановительного периода. Наличие молочной кислоты снижает pH крови. После выполнения тяжелых нагрузок наблюдаются снижение pH до 7,0.

У людей 20–40 лет со средней физической подготовленностью молочная кислота в крови колеблется в пределах от 11 до 14 ммоль/л. У детей и пожилых людей она обычно ниже. В результате тренировок концентрация молочной кислоты при стандартной (одинаковой) нагрузке повышается меньше. Однако у высокотренированных спортсменов после максимальной (особенно соревновательной) физической нагрузки молочная кислота иногда превышает 20 ммоль/л. В состоянии мышечного покоя концентрация молочной кислоты в артериальной крови колеблется в пределах 0,33–1,1 ммоль/л. У спортсменов в связи с адаптацией кардиореспираторной системы к физическим нагрузкам дефицит кислорода в начале работы меньше.

Порог анаэробного обмена (ПАНО). Для аэробного окисления субстрата до воды и углекислого газа при физической нагрузке необходимы следующие условия:

– достаточная плотность митохондрий в мышечных волокнах сократительных единиц, которая позволяет удовлетворять требованиям ресинтеза АТФ аэробным путем;

– промежуточные продукты обмена и ферменты, не лимитирующие скорость метаболических реакций в цикле Кребса при данной нагрузке;

– достаточная доставка кислорода к цели транспортом электронов в митохондриях.

Если аэробная деструкция субстрата лимитируется одним или несколькими из этих факторов, начинается анаэробный метаболизм, который поддерживает необходимую скорость продукции АТФ. Момент включения механизмов анаэробной энергопродукции при мышечной нагрузке зависит от разных обстоятельств. Среди которых главное место занимает физическая подготовленность (тренированность) спортсмена. Так, мощность нагрузки при работе с возрастающей интенсивностью, когда анаэробные процессы начинают улавливаться лабораторными методами, обозначается как порог анаэробного обмена (ПАНО). Она выражается в единицах мощности работы (Вт) или в процентах потребления кислорода от максимума аэробной мощности. Квалифицированные спортсмены могут выполнять нагрузки выше ПАНО (аэробный порог) без существенного дальнейшего прироста молочной кислоты.

Роль дыхания в поддержании кислотно-щелочного равновесия (КЩР). Термин «кислотно-щелочного равновесие» отражает способность к поддержанию постоянства (гомеостаза) концентрации водородных ионов в жидкостях организма. Кислотность обычно выражается показателем концентрации водородных ионов, или pH. Чем выше кислотность, тем меньше pH. Если pH больше 7, то раствор щелочной.

Большинство процессов в организме протекают при реакции среды, близкой к нейтральной среде. Поддержание такой реакции обеспечивается целой системой буферов, то есть веществ, препятствующих значительным сдвигам pH при добавлении в среду сильных кислот или оснований (щелочей).

Изменение pH, наступающее при повышении или понижении содержания углекислоты в крови (алкалоз для повышенного и ацидоз для пониженного pH), обозначается как «дыхательное». Если же изменяется концентрация бикарбоната, то происходящее при этом изменение pH называют «метаболическим». Возможна компенсация дыхательного ацидоза метаболическим алкалозом. При интенсивных физических нагрузках, как правило, наблюдается метаболический ацидоз различной степени выраженности. Его причиной является «закисление» крови, то есть накопление в крови метаболитов (молочной, пировиноградной кислот и другие). С ростом тренированности отмечаются меньшие сдвиги pH и других показателей кисломолочного состояния.

Проницаемость, всасывание, транспортировка и выделение различных веществ в организме зависят от степени ионизации и диссоциации, которые в свою очередь определяются значением pH и температурой окружающей среды.

Более 90% углекислоты, переносимой кровью, находится в химически связанном состоянии, остальная часть растворена в плазме. Химическими формами транспортировки углекислоты является ион бикарбоната (60–70 %) и аминогруппы белков крови, например, глобина в составе гемоглобина (10–30 %). В регуляции КЩР участвуют почки, которые получают около 20–25 % крови – больше на единицу веса, чем любой другой из основных органов.

Глава VII. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Пищеварение представляет собой сложный физиологический процесс, благодаря которому пища, поступающая в пищеварительный тракт, подвергается *физиологическим и химическим изменениям,* а содержащиеся в ней питательные вещества всасываются в кровь (или лимфу) и транспортируются в другие органы.

Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ). Он представляет собой сплошную трубку, соединяющую ротовое отверстие с анальным отверстием. ЖКТ состоит из ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника.

Энергия содержится в пище в виде питательных веществ – белков, жиров и углеводов. Питательные вещества служат источником энергии для организма, если они расщепляются с образованием соединений, менее богатых энергией. Количество энергии, высвободившейся при этом из одного грамма вещества, называется физиологической теплотой сгорания или энергетической ценностью. Физиологическая теплота сгорания жиров более чем вдвое превышает значение этого показателя для белков и углеводов.

Переваривание и всасывание углеводов. Переваривание начинается в ротовой полости под действием амилазы и под действием панкреатического сока в тонком кишечнике. Углеводы могут всасываться в кишечнике только в виде моносахаридов, поэтому продукты, образовавшиеся под действием амилазы, должны подвергаться дальнейшему гидролитическому расщеплению. После приема больших количеств углеводов в течение 2–5 дней происходит адаптация путем повышения концентрации ферментов. Активность мембраносвязанных ферментов чрезвычайно высока, поэтому лимитирующим звеном в усвоении углеводов является не их расщепление, а всасывание моносахаридов. Конечными продуктами расщепления углеводов являются глюкоза, галактоза и фруктоза. Глюкоза и галактоза также могут всасываться путем пассивного переноса (в случае очень высокой их концентрации) в просвет кишечника.

Основными углеводными молекулами являются моносахариды (простые сахара). Соединения, состоящие из двух или более моносахаридов, называют дисахаридами, или полисахаридами. Большую часть углеводов в рационе человека составляет растительный крахмал (полисахарид). В организме (в частности, в мышцах и печени) углеводы запасаются в виде гликогена (животный крахмал).

Переваривание и всасывание белков. Белки – вещества, состоящие из аминокислот; требуются организму для синтеза соединений, образующих его структуры и обеспечивающих нормальную жизнедеятельность. В состав пищи обязательно должны входить белки, содержащие так называемые незаменимые аминокислоты. Эти аминокислоты не синтезируются в самом организме либо синтезируются в недостаточном количестве. У человека большая часть потребляемых белков используется для пластического обмена, то есть для построения и обновления биологических структур и соединений (мышц, ферментов, белков плазмы крови и так далее). В связи с этим белки не могут быть заменены жирами или углеводами.

Белки содержатся как в живой, так и в растительной пище. Основными источниками животных белков служат мясо, рыба, молоко, молочные продукты и яйца. Растительные белки в значительном количестве присутствуют в хлебе и картофеле. В небольших количествах они содержатся также почти во всех овощах и фруктах.

Взрослые потребляют с пищей 70–90 г белков в день, а детям, из расчета на 1 кг веса, их требуется в 5–10 раз больше.

Переваривание белков начинается в желудке, где гидролизуется не более 10–15 % белков пищи. Более эффективно (активно) переваривание белков происходит в тонком кишечнике.

Примерно 50–60 % белков пищи всасывается в двенадцатиперстной кишке и около 30 % – по мере прохождения химуса до подвздошной кишки, то есть 80–90 % экзогенных и эндогенных белков всасывается в тонком кишечнике. Только около 10 % белков достигает толстого кишечника, где они расщепляются под действием бактерий.

Переваривание и всасывание липидов (жиров). Жиры представляют собой обычно смесь различных триглицеридов – эфиров глицерола и жирных кислот. Различают насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Некоторые ненасыщенные жирные кислоты, необходимые для жизнедеятельности, не синтезируются в организме (незаменимые жирные кислоты).

Человек потребляет в день около 60–100 грамм жиров. Примерно 90 % жиров пищи – это триглицериды, большую часть которых составляют липиды. Остальные 10 % жиров пищи приходятся на фосфолипиды, эфиры холестерола и жирорастворимые витамины.

В желудке жиры образуют капельки диаметром около 100 нм. В щелочной среде тонкого кишечника при наличии белков, продуктов расщепления предшествующей порции жиров и жёлчных кислот жиры образуют эмульсию с размером капелек около 5 нм. Жиры всасываются так эффективно, что 95 % триглицеридов (но лишь 20–50 % холестерола) поглощается уже из просвета двенадцатиперстной кишки и верхнего отдела тонкой кишки.

Всасывание воды, солей, микроэлементов, витаминов. Потребность человека в воде может быть различной. Она значительно возрастает в условиях обильного потоотделения (при высокой температуре окружающей среды, при посещении бани или тяжелой физической работе, тренировке и так далее) и после употребления соленой и острой пищи. Суточная потребность взрослого человека в воде колеблется в зависимости от условий в пределах 20–45 мл/кг массы тела. Существуют следующие усредненные данные, характеризующие водный баланс: минимальная суточная потребность человека массой 70 кг в воде составляет около 1750 мл: из них 650 мл потребляется с питьем, примерно 750 мл – с твердой пищей и приблизительно 350 мл образуется в реакциях окисления. Если потребление воды превышает эту величину, то у здорового человека избыточная жидкость выводится почками; у лиц же, страдающих заболеваниями сердца и почек, жидкость может задерживаться в организме (отеки).

При потере воды, достигающей 5 % веса тела, наблюдается выраженное снижение работоспособности. Если потеря воды превышает 10 % веса тела, возникает тяжелое обезвоживание, а если она составляет 15–20 %, или около $^1/_3$–$^1/_4$ общего содержания воды в организме (на долю воды приходится около 60 % массы тела), наступает смерть.

Соли, как и вода, служат составной частью внутренней среды организма. Постоянство ионного состава и pH жидкостей организма – это первоочередное условие нормальной жизнедеятельности его клеток. Поскольку чрезмерное потребление соли может вызвать повышение артериального давления, суточное поступление соли с пищей не должно превышать 10 грамм.

Микроэлементы содержатся в организме и в пище в крайне малых количествах. Микроэлементы подразделяют на три группы.

1. Элементы с известной или предполагаемой функцией. К ним относятся, в частности, железо (входит в состав гема), фтор, йод (входят в состав гормонов щитовидной железы), а также медь, марганец, молибден, цинк и другие компоненты ферментных систем.

2. Элементы, оказывающие токсическое действие. Это сурьма, мышьяк, свинец, кадмий, ртуть и талий. Воздействие большинства этих элементов представляет особый интерес для промышленной токсикологии.

3. Элементы, не выполняющие каких-либо физиологических функций и не необходимые для организма, такие, как алюминий, бор, серебро и теллур.

Наиболее важные микроэлементы – это железо, фтор, йод и медь. Потребность в железе и йоде повышена у детей и беременных женщин, а в железе – у спортсменов-стайеров, лыжников-гонщиков, велосипедистов-шоссейников и другие. Из 10–20 мг железа, ежедневно поступающих с пищей, всасывается только 10 %. При дефиците железа его поглощение увеличивается в два и более раз. Малое количество железа в пище нередко ведет к анемии. Следует отметить, что в кишечнике всасывается лишь 3–8 % железа растительного происхождения и около 23 % – животного (в составе гема). Основные симптомы, наблюдающиеся при недостаточности железа, – это утомляемость, головная боль, снижение работоспособности и нарушение роста кожи и ее производных (волос и ногтей). При значительном недостатке железа возникает железодефицитная анемия.

Компоненты пищи, называемые витаминами, – это органические вещества, которые необходимы в небольших количествах для нормальной жизнедеятельности организма, но не могут вырабатываться в нем (или вырабатываются в недостаточном количестве). Витамины разделяют на две группы – жирорастворимые и водорастворимые.

Сбалансированный рацион питания. Составление сбалансированного рациона имеет большое практическое значение, особенно в спорте высших достижений и в профилактической медицине. Существуют четыре основных физиологических принципа составления пищевых рационов.

– калорийность суточного рациона данного человека должна соответствовать его энергетическим затратам;

– содержание в рационе белков, жиров и углеродов должно быть равным хотя бы минимальной потребности в них;

– содержание в рационе витаминов, солей и микроэлементов также должно быть равным, по меньшей мере, минимальной потребности в них;

– содержание в рационе витаминов, солей и микроэлементов должно быть ниже токсического уровня.

Исходя из сказанного, предложен рацион: белки – 84 г, жиры – 65 г, углеводы – 453 г (в весовых процентах – 14:11:75), 11730 кДж в сутки. Из этих данных было выведено известное соотношение белков, жиров и углеводов в сбалансированном рационе 1:1:4 в весомых единицах, или 15:30:55 % в единицах энергии.

При составлении сбалансированного рациона питания следует помнить, что незаменимые аминокислоты содержатся в основном в животной пище, тогда как растительные продукты служат главным источником водорастворимых витаминов, солей и микроэлементов. При питании только вегетарианскими продуктами обычно возникают проявления белковой недостаточности, поскольку в этих продуктах не хватает незаменимых аминокислот. Кроме того, животная и растительная пища оказывает различное влияние на кислотно-щелочное равновесие в организме. Продукты животного происхождения обладают слабокислой реакцией, то есть служат донорами H^+; растительные продукты, напротив, играют роль слабых оснований (акцепторов H^+).

При составлении рационов питания следует учитывать возраст, пол и вид деятельности. Так, потребность в энергии возрастает у спортсменов. И в зависимости

от вида спорта, например у тяжелоатлетов, возрастает прием белков, а в циклических видах спорта – углеводов и жиров.

Водный и электролитный баланс. Содержащаяся в организме вода распределена между несколькими жидкостными компартментами (пространствами). В клетках (внутриклеточном пространстве) находится 60 % её общего количества; остальное – это внеклеточная вода в межклеточном пространстве и в плазме крови. А также в составе так называемой трансцеллюлярной жидкости (в спинномозговом канале, камерах глаза, желудочно-кишечном тракте, экзокринных железах, почечных канальцах и мочевых протоках).

В организме человека постоянно накапливаются вещества, которые должны удаляться почками – около 1200 мосмоль в сутки при обычном питании и 100 мл ежедневно выводится с калом. К ним относятся конечные продукты метаболизма (например, мочевина, креатинин, мочевая кислота) и различные ионы (сульфат, фосфат, аммоний и так далее), преимущественно возникающие при расщеплении белков.

Немало воды покидает организм при «неощущаемой потере воды» за счет испарения и диффузии с поверхности кожи, а также с выдыхаемым воздухом. Такая потеря воды уносит немногим более 0,5 мл воды в час на 1 кг массы тела, то есть около 900 мл в сутки у человека массой 70 кг. Таким образом, в целом ежесуточно мы теряем два литра воды, которые должны возместить из внешних источников. Безусловно, существует значительная разница между, например, жирным беконом (10 % воды) и спелым персиком (95 % воды), однако в среднем содержание воды в обычном смешанном рационе можно принять за 60 %. Кроме того, в водный баланс включается и вода как продукт окисления питательных веществ. При окислении в организме каждого грамма углеводов образуется 0,6 грамм воды. Для жиров из-за относительно высокого содержания в них водорода аналогичное соотношение составляет 1 мл/г, а для белков – только 0,4 мл/г. При смешанном рационе общий выход воды за счет окислительных процессов – около 300 мл в день. Водный баланс сильно варьирует в зависимости от вида спортивной и трудовой деятельности, внешней среды, возраста, и других факторов.

Пищеварительные функции при физической работе. Наблюдения показывают, что выполнение физической работы непосредственно после приема пищи не только не усиливает, а, наоборот, задерживает пищеварительные процессы. Уменьшается секреция пищеварительных желез, нарушается рефлекторное выделение пищеварительных соков. Угнетение пищеварительных функций при физической работе может быть объяснено торможением пищевых центров в результате отрицательной индукции с возбудительных двигательных центров. Это связано еще и с тем, что кровоснабжение пищеварительных желез уменьшается, что и ведет к уменьшению секреции.

При спортивной деятельности необходимо учитывать, что не только мышечная работа тормозит пищеварительные процессы, но и интенсивное переваривание пищи отрицательно влияет на двигательную деятельность. Возбуждение пищевых центров и отток крови от мышц к органам брюшной полости снижает эффективность физической работы. Кроме того, наполненный желудок способствует высокому стоянию диафрагмы, что неблагоприятно влияет на деятельность кардиореспираторной системы. В связи с этим между едой и занятием физкультурой и спортом целесообразно делать перерыв не менее двух часов.

Однако спортсмену нередко приходится тренироваться (или выступать в соревнованиях) спустя некоторое время после приема пищи. В этом случае пища должна состоять в основном из углеводов, быстро перевариваться и всасываться, иначе она будет «лежать» в желудке без действия.

Физическая работа оказывает влияние на функцию желудочно-кишечного тракта. С одной стороны, активизация обменных процессов, а с другой – развитие мышц брюшного пресса, мышц кишечника, способствующих активизации моторной функции желудочно-кишечного тракта. В то же время интенсивные физические нагрузки (работа) угнетают функцию пищеварения.

Одним из важных факторов в переваривании пищи является кровообращение. Известно, что во время физической работы происходит перераспределение крови. Если в покое через органы пищеварения и печень кровоток составляет 25–30 % от всего сердечного выброса. То во время напряженной физической работы – всего 3,5 %. Хотя в этих условиях сердечный выброс увеличивается в пять и более раз, но все же общее снабжение кровью органов пищеварения уменьшается с 1,2–1,5 л/мин в покое до 0,9 л/мин во время работы.

Энергетический обмен (ЭО). После приема пищи повышается интенсивность метаболизма. В случае смешанной пищи скорость обмена повышается примерно на 6 %. При потреблении белков интенсивность обмена возрастает в гораздо большей степени, чем при потреблении жиров или углеводов. Это может быть обусловлено, в частности, тем, что в процессе метаболизма для ресинтеза одной моль АТФ белков требуется больше, чем жиров и углеводов (в перерасчете на калорическую ценность).

Обменные, или метаболические, процессы, в ходе которых специфические элементы организма синтезируются из поглощенных пищевых продуктов, называют анаболизмом, а те метаболические процессы, в ходе которых структурные элементы организма или поглощенные пищевые продукты подвергаются распаду, называют катаболизмом. Метаболизм жиров и углеводов служит главным образом для обеспечения физиологических функций (функциональный метаболизм). Тогда как белковый обмен нужен в первую очередь для поддержания и изменения структуры организма (структурный метаболизм).

Энергетический обмен выражают в килокалориях (ккал) на единицу времени. При работе часть вырабатываемой энергии выделяется в виде тепла. При мышечной работе коэффициент полезного действия (КПД) редко превышает 25 %.

Интенсивность метаболизма в покое не выражается суммой соответствующих уровней готовности, присущих всем клеткам организма, поскольку некоторые органы (например, мозг, сердце, дыхательная мускулатура, печень и почки) постоянно находятся в активном состоянии. Интенсивность обмена веществ в организме в условиях умственного и физического покоя нельзя оценить как строго определенное численное значение, поскольку она подвержена влиянию различных факторов.

При физической работе (тренировке) скорость метаболизма возрастает в зависимости от степени физического напряжения. Интенсивность обмена веществ при «относительном покое», то есть у испытуемого в малоактивном состоянии, составляет приблизительно 8400кДж/сут (97 Вт) для женщин и 9600кДж/сут (110 Вт) для мужчин.

Обмена веществ во время занятий спортом. У спортсменов интенсивность обмена веществ может возрастать в относительно высокой степени, но на значительно более короткое время. Особенно показательны величины интенсивности обмена при беге на различные дистанции. Чем длиннее дистанция (и, следовательно, больше затрачиваемое время), тем ниже уровень метаболизма. Интенсивность обмена веществ при забеге на 100 м или 200 м составляет 22 кВт, что приблизительно в 13 раз больше, чем при беге на марафонскую дистанцию. Работа, совершаемая за 10 с бега с высокой скоростью, достигает 200 кДж, что соответствует величине калорийности примерно 14 грамм глюкозы. За два с лишним часа, требуемых для преодоления марафонской дистанции, бегун затрачивает около 1,6 кВт, что значительно больше максимального дневного уровня метаболизма при работе в течение нескольких дней. Интенсивность

обмена веществ у бегунов на марафонскую дистанцию соответствует 2,1 «лошадиной силы» (750 Вт = 1 л. с). Если принять, что расщепляются примерно одинаковые количества жиров и углеводов, то за 130-минутный марафонский пробег будет использовано 850 г энергосодержащих питательных веществ.

Физическое напряжение, испытываемое человеком при работе или занятиях спортом, во многих случаях можно выразить с помощью показателей энергетического обмена. Поскольку известны средние значения соответствующих показателей, многие виды работы можно классифицировать по затрачиваемым усилиям.

Глава VIII. ГОРМОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ФИЗИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Регуляцию всех жизненно важных функций организма обеспечивают эндокринная и нервная системы. Ни один процесс в организме не совершается без их участия. Эндокринная и нервная системы неразрывно связаны между собой, и при нарушении их функций происходят выраженные расстройства в организме.

Железы внутренней секреции, составляющие эндокринную систему, различны по величине и форме и расположены в разных частях тела; общим для них является выделение гормонов. Гормоны – это химические вещества, которые вырабатываются специализированными железами, выделяются в кровь и разносятся ею по телу.

В гуморальном взаимодействии органов, тканей и клеток некоторым из них принадлежит особо важная роль в связи с тем, что в них образуются вещества, способные вызывать значительные изменения состояния организма, а также функций его органов и тканей.

Характерной особенностью желез внутренней секреции является отсутствие выводных протоков, поэтому вырабатываемые ими вещества выделяются непосредственно в кровь и лимфу.

Эндокринные железы, или железы внутренней секреции, являются регуляторами обмена веществ, роста и полового развития организма. Некоторые из них регулируют, то есть усиливают или ослабляют, функции определенных органов.

Щитовидная железа состоит из железистых фолликулов и парафолликулярной ткани. Железа богато снабжена кровеносными и лимфатическими сосудами. У человека через щитовидную железу протекает в течение минуты на 1 грамм её веса 3–7 мл крови. В среднем объем кровотока в щитовидной железе равен 1–1,5 % минутного объёма.

Гормонами щитовидной железы являются *тироксин и трийодтиронин.* Весь тироксин, присутствующий в крови, секретирован щитовидной железой. В то же время ею секретируется лишь 10–12 % присутствующего в крови трийодтиронина, а 80–90% его образуется на периферии в результате депонирования тироксина; в трийодтиронин превращается около 25 % всего тироксина.

Небольшие количества тироксина и трийодтиронина могут подвергаться в печени и почках депонированию, и за счет этого процесса может покрываться небольшая часть (около 50 мкг) суточной потребности в йоде. В коллоиде щитовидной железы содержится достаточный запас тиреоидных гормонов, чтобы организм мог обходиться без снабжения йодом в течение нескольких месяцев, но при более длительном отсутствии йода в пище тиреоидные гормоны уже не могут вырабатываться в количествах, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма.

Тиреоидные гормоны выполняют жизненно важные функции, поскольку стимулируют метаболизм во всем организме. Они повышают активность многих ферментов, участвующих в расщеплении углеводов, из-за чего при высоком уровне тиреоидных гормонов особенно возрастает интенсивность метаболизма углеводов.

При недостатке или избытке тиреоидных гормонов возникают патологические состояния, которые называются соответственно гипо- и гипертиреозом.

У нетренированных лиц при выполнении мышечной (физической) работы содержание тиреоидных гормонов в крови, как правило, не изменяется.

Щитовидная железа выделяет также *кальциотонин.* Данный гормон участвует в регуляции обмена кальция. При длительной физической работе уровень кальциотонина в крови повышается.

Надпочечники представляют собой парные пирамидальные образования, расположенные на верхних полюсах почек. Кора надпочечников состоит из трех зон, различающихся по морфологическому строению: наружной клубочковой зоны, пучковой зоны, сетчатой зоны. Эти зоны вырабатывают разные гормоны. В сетчатой зоне образуются в основном *андрогены,* а также *глюкокортикоиды,* в пучковой зоне – *глюкокортикоиды,* а в клубочковой – *минералокортикоиды.*

У человека наиболее важным глюкокортикоидом является *кортизол.* Он выполняет в организме множество функций, в том числе угнетает секреторную активность гипофиза и гипоталамуса.

Наибольшей физиологической активностью среди андрогенов обладают *тестостерон* и *дегидроэпиадростерон.* У женщин этот андроген выделяется надпочечниками. У мужчин $^{2}/_{3}$ всего количества андрогенов секретируют семенники и только $^{1}/_{3}$ – надпочечники.

Наиболее важный представитель группы минералокортикоидов – *альдостерон.* Минералокортикоиды, в частности *альдостерон*, участвуют в регуляции обмена электролитов и водного баланса.

Гормоны поджелудочной железы, участвующие в поддержании постоянного уровня сахара в крови, – *инсулин, глюкагон и соматостатин* – секретируются островками Лангерганса в поджелудочной железе. Около 60 % островковых клеток приходится на бета-клетки, вырабатывающие *инсулин*, 25 % – на альфа-клетки, секретирующие *глюкагон*, и остальные 15 % – на дельта-клетки, выделяющие *соматостатин*.

Для нормального функционирования островковых клеток необходим нормальный уровень тиреоидных и половых гормонов, а также кортикостероидов.

Инсулин, образующийся в бета-клетках поджелудочной железы, представляет собой полипептид, состоящий из двух пептидных цепей. Суммарный результат различных метаболических эффектов *инсулин*а сводится к понижению концентрации глюкозы в крови, составляющей в норме 0,8–1,0 г/л. При повышении уровня сахара в крови после приема углеводов происходит выброс *инсулина*. Под влиянием *инсулина* увеличивается поглощение глюкозы почти всеми клетками тела, и ее концентрация в крови опять снижается.

Глюкагон, образующийся в альфа-клетках островков Лангерганса, подобно инсулину представляет собой полипептид. По своим функциям *глюкагон* является антагонистом инсулина. Он стимулирует расщепление гликогена в печени (гликогеноз), обеспечивая, таким образом, быстрое повышение концентрации глюкозы в крови при чрезмерном ее падении (гипогликемии).

Во время мышечной (физической) работы его уровень в крови повышается. В начале мышечной работы содержание *инсулина* в крови несколько увеличивается, но при длительной нагрузке падает. Снижение уровня инсулина в крови во время мышечной работы способствует мобилизации свободных жирных кислот из жировой ткани (депо) и переключению на окисление жиров.

Соматостатин в тканях преимущественно исполняет роль ингибитора. В островках Лангерганса он образуется в дельта-клетках и, действуя паракринным путем, угнетает секрецию инсулина и глюкагона. Кроме того, он угнетает перистальтику желудочно-кишечного тракта и желчного пузыря и уменьшает секрецию пищеварительных соков, вследствие чего замедляется всасывание пищи. Таким образом, действие *соматостатина* направлено в целом на подавление

пищеварительной активности и, следовательно, на предотвращение слишком больших колебаний уровня сахара в крови.

Гормоны гипофиза. Гипофиз – это сложный орган, состоящий из трех частей. Гормоны задней доли гипофиза – *окситоцин и антидиуретический гормон (АДГ)* или *вазопрессин*. *АДГ* действует на почки, обеспечивает пассивную реабсорбцию воды в дистальных извитых канальцах и собирательных трубках. Выделяется только избыточное, то есть ненужное для поддержания гомеостаза, количество воды.

Окситоцин действует на миометрий (мышечный слой матки) и миоэпителий молочной железы. Он вызывает сокращения миоэпителиальных клеток, выстилающих железу; эти сократительные структуры имеют эпителиальное происхождение. Миоэпителиальные клетки располагаются вокруг альвеол железы, и при их сокращении молоко выдавливается. Таким образом, от младенца для извлечения содержимого железы не требуется активного сосания, поскольку ему помогает «рефлекс выделения молока».

Передняя доля гипофиза вырабатывает *шесть гормонов.* Четыре гормона стимулируют активность желез. Так, активность щитовидной железы стимулируется *тиреотропным гормоном (ТТГ),* называемым также тиреотропином. Кору надпочечников стимулирует *адренокортикотропный гормон (АКТГ).* Два остальных – *гонадотропные гормоны,* или *гонадотропины.* Один из них – *фолликулостимулирующий гормон (ФСГ)* – стимулирует созревание фолликулов в яичниках. Другой гормон – *лютеинизирующий гормон (ЛГ)* – вызывает разрыв фолликула, овуляцию и образование желтого тела. Оба этих гормона, получивших свои названия по функциям, которые выполняют у женщин, имеются и у мужчин. ФСГ играет важную роль в созревании спермы, а ЛГ стимулирует синтез тестостерона в интерстициальных клетках Лейдига.

Помимо указанных гормонов передняя доля гипофиза вырабатывает еще два гормона, которые действуют не на отдельные железы, а на системы органов или даже на весь организм в целом. Один из этих гормонов – *гормон роста (ГР),* называемый также соматотропным гормоном (СТГ) (соматотропин). Второй гормон – *пролактин,* он участвует в лактации, однако его специфические рецепторы найдены не только в молочных железах, но и в ряде других органов.

К факторам, повышающим секрецию *ГР*, относятся гипогликемии, определенные виды стресса и особенно интенсивная физическая (мышечная) работа. *ГР* выделяется также во время глубокого сна. *ГР* необходим для нормального физического развития ребенка. При недостаточной выработке этого гормона в раннем возрасте ребенок задерживается в росте, а при избыточной продукции соматотропина развивается гигантизм.

Паращитовидные железы вырабатывают гормон, регулирующий обмен кальция и фосфора в организме. Концентрация кальция в крови поддерживается на уровне 9–11 мг %; такие колебания обусловлены взаимодействием двух гормонов – *паратгормона* и *тирокальциотонина*.

Многие физиологические процессы (передача нервных импульсов, свертывание крови, образование костной ткани, сокращение мышц, оплодотворение яйцеклетки и другие) осуществляются только при нормальном обмене кальция в организме.

Функция ***половых гормонов*** заключается в образовании половых клеток сперматозоидов и яйцеклеток. Половые гормоны бывают *мужские – андрогены* и *женские – эстрогены.* И те, и другие образуются в неодинаковых количествах. Так, в суточной порции мочи у мужчин содержится от 3 до 10 мкг *андрогенов* и от 5 до 15 мкг *эстрогенов*, а в суточной порции мочи женщин – от 3 до 10 мкг *андрогенов* и от 18 до 36 мкг *эстрогенов*.

Эти гормоны необходимы для полового созревания – благодаря ним осуществляется развитие вторичных половых признаков.

Тяжелая атлетика, тренировки по атлетической гимнастике приводят к повышению продукции *андрогенов*. *Андрогены* ведут к развитию мышечной гипертрофии. В последние годы в спорте применяются анаболические стероиды. Следует отметить, что это приводит к серьезным осложнениям: поражение печени (цирроз, рак и другие), у женщин нарушается менструальный цикл, страдает детородная функция и ряд других последствий применения стероидов.

Вилочковая железа (тимус) продуцирует гормон *тимозин,* участвующий в иммунологических реакциях (процессах), а также в реализации воздействия некоторых гормонов. Она также оказывает влияние на рост и развитие организма и на обмен кальция.

Эпифиз участвует в управлении целым рядом важнейших функций организма и образует гормон *мелатонин,* который угнетает развитие половых желез, предотвращая преждевременное половое развитие, участвует в регуляции углеводного и электролитного обменов. При повышенной функции эпифиза наблюдается ожирение.

Гипоталамус тесно связан с гипофизом, выделяет гормонально-активные вещества. Они влияют на гипофиз, контролируя выделение им более сложных гормонов.

Исследования показали, что при избыточном выделении активирующих гипофиз гормонов могут усиливаться функции щитовидной, половых желез. Установлено, что наряду с гормонами, активирующими гипофиз, в гипоталамусе выделяются гормоны (ингибиторы), подавляющие выработку гормонов гипофизом.

Влияние гормонов на физическую активность. Отмечено, что половые гормоны повышают физическую работоспособность. При ослаблении функции надпочечников и недостаточном выделении ими гормонов снижается физическая работоспособность. Экспериментально на животных выявлена связь функции мышц и надпочечников – чем выше двигательная активность, тем больше вес надпочечников. Снижается двигательная активность и при снижении функции поджелудочной и щитовидной желез. Быстрая утомляемость и слабость мышц отмечены при нарушении выделения кортикотропного гормона и кортикостеронов коры надпочечников. Огромна роль эндокринных желез в повышении (ускорении) адаптации к внешним факторам, гипоксии и физическим нагрузкам в спорте.

Глава IX. КЛАССИФИКАЦИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ, ПОВЫШЕНИЕ ТРЕНИРОВАННОСТИ

Физические упражнения весьма разнообразны. В одних и тех же видах спорта имеются несхожие упражнения. В связи с этим при их классификации необходимо учитывать общность движений в упражнениях, характер условий, в которых оно совершается, его структурные черты, режимы деятельности мышц, относительную мощность работы и степень координационной сложности.

Выделяют стандартные и нестандартные (ситуационные) физические упражнения. Первые выполняются в строго определенных условиях и имеют жесткий двигательный стереотип, который вырабатывается путем многократных повторений. Его элементы всегда следуют в определенной последовательности. К стандартным упражнениям можно отнести легкоатлетический бег, метания, акробатические и гимнастические элементы. Вторые включают единоборства и спортивные игры, развивающие творческие функции мозга, в которых существенную роль играет экстраполяция.

По структурному принципу выделяют упражнения циклические, ациклические и смешанные. Характерной чертой циклических упражнений является определенная последовательность и связь отдельных фаз движений в цикле. В ациклических моторных актах связи между начальным и финальным элементом движения не наблюдается.

По режиму деятельности мышц выделяют динамические и статические упражнения. В первом случае мышцы сокращаются в ауксотоническом режиме, имеют фазы сокращения и расслабления. Этот режим характерен для ходьбы и бега. Статические упражнения осуществляются при неизменной длине мышцы и выраженном её напряжении. Последние характерны для тяжелой атлетики, борьбы, гимнастики и акробатики.

По характеру двигательных качеств различают силовые, скоростные, скоростно-силовые упражнения, а также регламентированные движения, развивающие гибкость, выносливость и ловкость. В. С. Фарфель предложил классификацию физических упражнений для беговой программы в легкой атлетике, основанную на учете мощности и времени выполнения работы (чем интенсивнее упражнение, тем меньше его продолжительность). Он выделил четыре зоны мощности спортивной работы: *максимальную, субмаксимальную, большую и умеренную.* Н. И. Волков существенно повысил ценность этой классификации за счет введения в неё биохимических показателей. Это позволило использовать соответствующую классификацию применительно к большинству видов спорта. Для игровых видов спорта нередко используется зона переменной мощности. Н. А. Бернштейн предложил классифицировать физические упражнения по признаку координационной сложности и выделил пять уровней ЦНС (А, Б, Ц, Д, Е), обеспечивающих их формирование.

Функциональная характеристика физических упражнений. Динамическая *циклическая работа* совершается за счет фазных сокращений мышц в ауксотоническом режиме. В циклических движениях последний элемент первого цикла является первым элементом последующего. Между циклами нет паузы. За начало и конец цикла можно принять любой его элемент и представить в виде кольца: А→Б→В→Г→А. Продолжительность динамической циклической работы обусловлена интенсивностью её выполнения в соответствии с зонами мощности.

Нагрузка в зоне *максимальной мощности* протекает в анаэробных условиях и по Н. И. Волкову называется анаэробной алактатной. Продолжительность её составляет до 20 секунд. АТФ за счет отщепления фосфорного остатка дает энергию для мышечного сокращения. Её хватает на 30 одиночных сокращений или одно тетаническое сокращение. Для поддержания работы происходит ресинтез АТФ посредством креатинфосфокиназной реакции, продолжительность которой составляет от 6 до 12 секунд. По мере расходования креатинфосфата (КрФ) подключается гликолитическое фосфорилирование, поддерживающее работу до 20 секунд. В связи с кратковременностью нагрузки параметры гомеостаза (по значению pH) практически не изменяются. Кислородный запрос не удовлетворяется на 90 %, кислородный долг достигает 7–8 литров. Работа этой мощности характеризуется максимальной частотой, сочетанием большого количества усилий и амплитуд мышечных сокращений, преодолением вязкости мышечных волокон, определяющей внутреннее трение в мышце. Потоки центробежных импульсов обеспечивают быстрые и сильные сокращения мышц, которые в процессе выполнения упражнения (спринтерского бега) корректируются за счет обратной афферентации. Переработка большого объёма информации в короткое время представляет трудную задачу для ЦНС, возбудимость её повышается, развивается центральное утомление.

Зона *субмаксимальной мощности* – анаэробная гликолитическая, продолжительностью от 20 секунд до трёх минут. Преимущественным механизмом энергообеспечения является гликолитическое фосфорилирование, приводящее к максимальному накоплению молочной кислоты до 15–32 ммоль/л (с 1–2 ммоль/л в покое) и развитию некомпенсированного рабочего метаболического ацидоза. Функциональные показатели сердечно-сосудистой и дыхательной системы резко увеличиваются к концу 3-й минуты до максимальных величин. МОК за счет учащения сердечных сокращений (170–180 в минуту) и повышения СОК (150–160 мл) достигает 25–30 литров. Частота дыхания повышается до 40–60 в минуту, МОД – до 60–80 литров. Кислородная емкость крови падает, напряжение CO_2, растет. В связи с распадом крупномолекулярных соединений в мышцах и выходом воды из крови её осмотическое давление несколько увеличивается. Усиленное потоотделение усугубляет сгущение крови.

Двигательная деятельность спортсмена в зоне субмаксимальной мощности совершается в условиях выраженного нарушения гомеостаза. Переработка информации от проприорецепторов мышц на фоне измененного гомеостаза способствует развитию центрального утомления. В развитии утомления имеют значение другие периферические факторы – гипоксия, ацидоз, повышение температуры, снижение активности ферментов энергообмена. Гликолиз, как энергопоставляющий процесс, себя тормозит. Изменяется состояние белой крови. Значительное расширение периферических сосудов работающих мышц приводит к развитию гравитационного шока. Это объясняется застоем крови в расширенных сосудах нижних конечностей (бег на средние дистанции) после прекращения работы, снижением сердечной производительности и кислородным голоданием мозга. В этих условиях у спортсменов может появляться общее недомогание, тошнота, обморочное состояние. Для профилактики гравитационного шока рекомендуется после окончания спортивного бега, не останавливаясь, перейти на легкий темп для поддержания работы мышечного «насоса», затем лечь на спину и поднять ноги вверх.

Зона *большой мощности* (аэробная анаэробная) укладывается в диапазон от трёх до 30 минут. Работа в этой зоне носит аэробно-анаэробный характер. Большой удельный вес при нагрузке имеет окислительное фосфорилирование, достигается «кислородный потолок». Величина МОК при этом составляет 30–35 литров, МОД –

80–100 литров. Увеличение МОД обеспечивается за счет прироста глубины и частоты дыхания. Наиболее высокие цифры потребления кислорода отмечаются при частоте дыхания 40–60 в минуту и выше, равной 35–50 % от величины ЖЁЛ. При глубине дыхания, равной 30–40 % от ЖЁЛ, к респираторному процессу подключаются дополнительные дыхательные мышцы. На фоне повышения вентиляции увеличивается утилизация кислорода в легких до 4–5 %. Высокое значение МОК обусловливается приростом ЧСС до 170–200 в минуту и СОК до 100–200 мл. Усиление деятельности сердца приводит к повышению максимального АД, что улучшает снабжение тканей кислородом. Минимальное АД в связи с расширением сосудов под влиянием кислых продуктов обмена, диффундирующих в кровь, несколько снижается. Скорость тока крови и объем циркулирующей крови увеличиваются. Работающие мышцы при этом могут потреблять в 10–15 раз больше кислорода, чем в состоянии покоя. Дыхательная поверхность крови увеличивается за счет относительного эритроцитоза в связи с усилением эритропоэтической функции красного костного мозга. В крови появляются молодые формы эритроцитов, легко отдающие кислород тканям. Повышение количества гемоглобина и эритроцитов приводит к приросту кислородной емкости крови.

Нагрузка в зоне большой мощности протекает в условиях ложного устойчивого состояния, так как кислородный запрос полностью не удовлетворяется, несмотря на достижение «кислородного потолка». Кислородный долг по мере продолжения нагрузки увеличивается. Основным источником энергии, обеспечивающим мышечную деятельность в этой зоне, является аэробное окисление углеводов, дающее максимальную продукцию АТФ через три минуты работы.

Зона *умеренной мощности* (аэробная) осуществляется при достаточном кислородном обеспечении в условиях истинного устойчивого состояния, длится от 30 минут до нескольких часов (суток). Устойчивое состояние устанавливается через 3–5 минуту на уровне потребления кислорода 2–2,5 л/мин. При адекватном снабжении работающих мышц кислородом энергообеспечение происходит за счет липидных резервов скелетных мышц и жировой ткани. Максимальная скорость образования АТФ в этом случае достигается через 30 минут от начала физической нагрузки. Увеличение интенсивности работы в условиях взрывного ускорения величина кислородного запроса возрастает. В начальный период работы соматические и вегетативные функции под регуляторным влиянием ЦНС приходят в полное соответствие друг с другом, обеспечивая высокую работоспособность. У лыжников, пловцов-стайеров в условиях устойчивого состояния потребляется 3–3,5 литров кислорода в минуту. Длительная нагрузка умеренной интенсивности связана с повышением теплообмена, усиленной теплоотдачей за счет потоиспарения. Это приводит к потере воды в среднем до 0,9 литров в час, солей – 4 грамм в час. В результате спортсмен теряет в массе от 0,8 до 1 кг/час.

Динамическая *ациклическая работа* имеет место в легкой атлетике, гимнастике, тяжелой атлетике, в единоборствах и спортивных играх. В ряде видов она перемежается с циклическими движениями. Ациклическая работа, подобно циклической совершается за счет фазных сокращений мышц в ауксотоническом режиме и может иметь преимущественно силовой и скорости о силовой характер.

Благодаря силе тело человека перемещается в пространстве. От величины и направления приложения силы изменяется скорость и характер движения. Сила измеряется произведением массы на ускорение ($F = m \times a$). В спорте сила достигает предельного выражения. Она может преимущественно изменяться за счет увеличения массы (силовая работа) или увеличения ускорения (скоростно-силовая работа). Абсолютная сила мышцы определяется величиной максимального груза, который

нужно приложить к ней, чтобы воспрепятствовать её укорочению. Удельная (относительная) сила рассчитывается на 1 см^2 физиологического поперечника мышцы. Абсолютную силу спортсмена относят на килограмм массы тела. В зависимости от режима мышечной деятельности различают *динамическую и статическую силу*. В первом случае сила мышц проявляется при уменьшении их длины (преодолевающий характер работы), во втором – при увеличении её (уступающий характер работы). Статическая сила может проявляться при активном и пассивном характере напряжения мышц. При активном характере статическое напряжение происходит без растяжения мышц. При пассивном характере – в случае попытки внешних сил растянуть напряженную мышцу. Статическая сила при пассивном напряжении больше, чем при активном (28,1 и 20,6 кг). Максимальная статическая сила проявляется при тетаническом сокращении мышц. Характер динамических упражнений при преодолении сопротивления в ациклических видах спорта может быть взрывным, быстрым или медленным.

В *скоростно-силовых упражнениях* сила достигает максимума за счет увеличения скорости сокращения мышц, то есть ускорения сообщаемого массе снаряда или двигательного звена при его перемещении. При скоростно-силовой работе (метании диска копья, молота, метании ядра) перед усилием производится максимальное растяжение мышечных волокон (плечевого пояса, поясницы), обеспечивающих их эффективное сокращение в плане ускорения вылета и полета снаряда. Корректирующеё влияние ЦНС в динамике реализации движения проявляется рефлекторно за счет поступления импульсов от проприорецепторов шейных мышц, вестибулярной, зрительной, кожной и других сенсорных систем. Отмечается учащение пульса, повышение АД на 10–30 мм рт. ст. Это связывают с имеющимися в этих соответствующих видах упражнений моментами натуживания. После окончания упражнения вегетативные показатели быстро возвращаются к исходным величинам. Организация ЦНС скоростно-силовых упражнений требует высокой координации. В момент финального усилия в метаниях, прыжках наступает максимальное по мощности сокращение заинтересованных мышц.

В прыжках в момент толчка максимальная скорость придается собственному телу. *Координация движений* осуществляется на уровне условных двигательных рефлексов, главным компонентом которых является проприоцептивная чувствительность, статические, статокинетические и выпрямительные рефлексы. При этом отмечается некоторое учащение пульса (тем больше, чем выше прыжок). Повышение ЧСС и подъем АД у прыгунов выше, чем у метателей, что связано с большей интенсивностью и продолжительностью выполняемой работы. Дыхание после прыжков учащается и углубляется по причине повышения газового и энергетического обмена в период разбега, при котором спортсмен выполняет работу значительной интенсивности.

Мощность работы в силовом упражнении достигает огромной величины. При рывке штанги весом 100 кг на высоту два метра за одну секунду штангист производит работу в 33 Вт. Общее количество энергии при выполнении соответствующего упражнения составляет 10,5 Вт, что приблизительно в 75 раз выше энергетических затрат в состоянии покоя. В динамике упражнения отмечается феномен натуживания.

Натуживание – выдыхательное усилие при закрытой голосовой щели. Оно значительно увеличивает силу мышц, резко повышает внутригрудное давление. Это сказывается на динамике кровообращения в малом и большом круге. Стенка магистральных вен грудной полости сравнительно тонкая и реагирует на повышение внутригрудного давления, в результате просвет их несколько суживается, нарушается отток крови от головного мозга, одновременно уменьшается приток её к правому

сердцу. Работа правого сердца затрудняется, так как сдавленные в связи с повышением внутригрудного давления капилляры легких препятствуют току крови. Снижается приток крови к левому сердцу, падает сердечный выброс. Развивается гипоксия мозга, который переполнен венозной кровью в связи с затруднением оттока крови в правое предсердие. Расстройство кровообращения при натуживании может приводить к обмороку.

Окончание силового движения сопровождается резким снижением внутригрудного давления, что негативно отражается на деятельности сердца. Целесообразно вырабатывать у спортсменов умение выполнять силовые упражнения без этого элемента.

Статический компонент – составная часть многих физических упражнений. При статическом напряжении перемещение тела отсутствует, механическая работа не производится (равна нулю). На этом основании для характеристики статических напряжений используется термин «усилия». Их величина измеряется произведением напряжения на время и выражается в кг/с или кг/мин. В физиологическом плане при статическом усилии совершается трудное действие (висы, упоры, различные стойки). Статические усилия являются результатом активных процессов, протекающих во всех звеньях нервно-мышечного аппарата. Расход энергии меньше, чем при динамической работе. При статическом усилии из-за напряжения дыхательной мускулатуры дыхание затруднено. В условиях самого большого усилия кислородный запрос не превышает 2,5–3,0 л/мин. В динамике усилия он не покрывается.

Наибольшее потребление кислорода и выделение CO_2 происходит сразу после окончания усилия. Проявляется *феномен Линдгарда-Верещагина*. Суть его состоит в незначительных вегетативных сдвигах в организме во время усилия. Состав крови почти не изменяется, не резко выражено повышение активности сердечно-сосудистой системы. После усилия, наряду с увеличением МОД и МОК, наступает интенсивное выделение CO_2, который вытесняется из бикарбонатов крови молочной кислотой, образовавшейся в мышцах. При держании большого груза, горизонтального равновесия и «креста» на кольцах человек производит усилие, характерное для силовых упражнений. В мышцах в этих условиях за счет сдавления сосудов уменьшается кровоснабжение, ухудшаются условия распада углеводов. Линдгард считал, что феномен обусловлен ухудшением состояния мышц в результате уменьшения в них тока крови. Верещагин предложил другой механизм для объяснения феномена – возникновение при статическом усилии доминантного очага возбуждения в ЦНС, нарушающего вегетативные функции организма. Отсюда следует, что статический режим предъявляет особые требования к ЦНС. Она непрерывно посылает импульсы для поддержания мышечного напряжения и перерабатывает информацию от мышц, идущую за счет обратной афферентации, совершая весьма утомительный для нервной системы процесс. При увеличении груза, удерживаемого на вытянутой руке, длительность статического усилия уменьшается, с облегчением груза – увеличивается. Незначительные статические усилия (10–20 % от максимальной силы мышц) могут длиться десятки минут и часы. К ним относятся удержание головы шейными мышцами, корпуса мышцами туловища и другие. В процессе тренировки феномен статического усилия значительно сглаживается, увеличивается способность поддерживать его более длительное время. Явление связано с приспособительными реакциями ЦНС в плане изменений межцентральных отношений в сторону оптимизации координационных процессов. Мышцы, тренированные к статическим усилиям, отличаются рядом морфологических и функциональных свойств. Они гипертрофируются, имеют относительно высокую возбудимость, повышенное количество структурных белков.

В физическом воспитании статический режим необходимо дозировать, в практике работы с детьми использовать с большой осторожностью

Ситуационные упражнения связаны с непрерывным реагированием на изменяющиеся условия. К этому виду деятельности относятся единоборства и спортивные игры. Работа совершается в зоне переменной мощности. От момента к моменту поединка в зависимости от активности и характера действия соперника интенсивность мощности колеблется в диапазоне описанных выше зон, в которых проявляются элементы циклических и ациклических движений. Ациклические движения отличаются различной напряженностью и продолжительностью усилий. Чередование интенсивности мышечной нагрузки приводит каждый раз к изменению кровообращения, дыхания и других функций организма. ЧСС, МОД и потребление кислорода при этом достигают предельных величин. Ритмическое изменение функциональных показателей, в частности МОД, является условным рефлексом в сложном стереотипе, приобретенном во время работы. Стереотип проявляется в условиях покоя, когда спортсмен находится в обстановке, где он обычно тренируется. Значительные сдвиги деятельности сердечно-сосудистой системы у представителей ситуационных видов спорта определяются эмоциональным возбуждением.

На соревнованиях у боксеров ЧСС увеличивается до 190 в минуту, АД – на 35 мм рт. ст. В боксе фактором, обусловливающим высокое эмоциональное возбуждение, являются болевые раздражения от наносимых ударов. В настоящее время оценка нагрузок в ситуационных видах спорта проводится с позиции постоянной перемены мощности работы и в большей степени с переработкой нервной системой определенного объёма информации. Переработка информации происходит при обязательном участии интегративных центров коры головного мозга. Именно этот аспект определяет основные изменения в организме. Психологи показали, что при парном и тройном взаимодействии лица, не занимающиеся спортом, перерабатывают 1–2 бита информации в секунду. Эффективность переработки информации (экстраполяция) зависит от квалификации спортсменов: чем она выше, тем глубже экстраполяция. Различная степень способности к ней, в частности футболистов, определяется методом выстреливания мяча на поле, расчерченное на квадраты. Футболист видит часть траектории полета мяча и должен определить (рассчитать, экстраполировать) место его приземления. Мастера спорта экстраполируют в 10 раз точнее, чем атлеты с более низкой квалификацией.

Физиологические предпосылки к повышению тренированности. Тренировка является многолетним процессом, в ходе которого при посредстве физических упражнений решаются вопросы всестороннего физического и функционального развития, специальной спортивной подготовки и воспитания морально-волевых качеств спортсменов. Содержание тренировки составляет целенаправленная мышечная деятельность. Тренировка – педагогический процесс, на фоне которого автоматически осуществляется и функциональная подготовка.

Под влиянием тренировочных нагрузок изменяются функции клеток, органов, систем, поэтому тренировка является также физиологическим процессом. При тренировке в организме спортсмена происходят адаптационные морфологические и функциональные изменения. Адаптация к тренировочным нагрузкам базируется на принципах индивидуальности и специфики используемых нагрузок.

Для получения тренировочного эффекта необходимо организму предъявлять величину нагрузки не менее 60 % максимальной. При нагрузках 40–50 % тренированность не развивается. Темпы развития тренированности в различные возрастные периоды не одинаковы. Это связано с качественными особенностями обмена и его регуляцией.

Тренированность человека развивается на базе физиологических резервов организма. В. Н. Платонов рассматривает тренированность как адаптационную перестройку организма, вызванную определенной системой тренировочных нагрузок. Перестройка протекает в два этапа – первый функциональный, второй – морфологический. Характер тренировочных нагрузок определяет соответствующие адаптационные изменения. Наблюдается трансформация структуры костей, охватывающая 10–20 % костной ткани. Отмечается уплотнение костей, изменение сроков роста их в длину, повышается содержание кальция, фосфора. Развивается гипертрофия скелетных мышц и альфа-мотонейронов.

В. Н. Платонов различает тренированность и подготовленность, рассматривая последнюю как отражение всего комплекса способностей спортсмена к проявлению максимальных возможностей в соревновательной деятельности. Комплекс «подготовленность и тренированность» охватывает составляющие спортивного мастерства – теоретические знания, психологическую установку на достижение максимального результата, мобилизационную готовность к острой спортивной борьбе и другие.

Тренированность – состояние организма спортсмена, имеющего высокий уровень физической, функциональной и психологической подготовленности. При этом спортсмен обладает филигранной спортивной техникой, владеет в совершенстве тактическими приемами, проявляет сильную волю и высокие моральные качества, отличается более высоким энергетическим потенциалом.

Тренированный организм должен обладать надежным уровнем здоровья, которое ВОЗ определяет как состояние устойчивости к различным заболеваниям, полного психического и социального благополучия.

Достижение высоких показателей здоровья возможно на базе научной организации тренировочного процесса, с постоянным контролем над динамикой здоровья врачами и другими специалистами научных бригад (физиологами, биохимиками, психологами и другие).

Различают четыре уровня здоровья. К показателям первого уровня относят смертность (частота смертных случаев в результате заболеваний), подверженность особо опасным заболеваниям, в первую очередь сердечно-сосудистой системы (инфаркты, их частота и тяжесть), простудным заболеваниям (частота и тяжесть).

Показатели второго уровня косвенно отражают состояние здоровья по наличию эндогенных факторов риска, то есть биохимических, иммунологических, физиологических характеристик, отклонение которых от нормы ведет к повышению вероятности заболеваний или является симптомом его начальной стадии (снижение иммунных защитных сил, повышение АД).

Показатели третьего уровня фиксируют состояние организма в покое и при мышечной работе. Они не всегда связаны с заболеваемостью, непосредственно влияют на работоспособность, самочувствие, определяют качество жизни (МПК, PWC_{170}, размеры сердца, результаты выполнения функциональных проб).

Показатели четвертого уровня характеризуют двигательные возможности, качество выполнения моторных заданий и специальную работоспособность человека, определяющих качество жизни. Их высокий уровень обычно соотносится с отличным здоровьем по показателям первого и второго уровней. Большие двигательные способности могут сочетаться с повышенным риском заболеваний.

Умеренные занятия физической культурой, соответствующие физическим возможностям организма, полезны для здоровья.

Переносимость нагрузок при занятиях физической культурой и в тренировочном процессе в спорте возрастает с изменением уровня и качества обмена веществ под

влиянием афферентации от работающих мышц и внутренних органов. Усиление катаболизма в субклеточных структурах стимулирует анаболизм. Обновляется и повышается биоэнергетический потенциал. Активное стимулирование клетки посредством физической нагрузки обеспечивает полное восстановление израсходованных ресурсов. Соответствующие закономерности обосновывают необходимость использования максимальных нагрузок в спорте.

Адаптационные морфофункциональные перестройки под влиянием систематических занятий спортом проявляются в покое, при выполнении тренировочных и соревновательных нагрузок. Функциональные перестройки характеризуются экономизацией активности соматических и вегетативных систем, центральных и периферических механизмов.

Тренированность отличается повышением возбудимости и надежности функционирования ЦНС, устойчивости её к стрессовым воздействиям. В состоянии покоя это выражается в усилении альфа-ритма, укорочении ЛВДР. Увеличение поперечника трубчатых костей, утолщение коркового слоя, разрастание выступов, шероховатостей повышают их механическую прочность. Гипертрофия мышц, выполняющих силовые и статические нагрузки, укрепляет опорно-двигательный аппарат. Физические упражнения с динамическими и пульсирующими нагрузками (подскоки, висы, прыжки, плавание) раздражают хрящевую ткань длинных трубчатых костей, стимулируя их рост. В мышцах улучшается кровоснабжение, увеличиваются запасы гликогена, миоглобина, содержание АТФ и КрФ, повышается их возбудимость, сократимость, упруго-вязкие свойства.

Тренированные спортсмены отличаются выраженным развитием дыхательной мускулатуры, ЖЁЛ достигает 5–7 л, МОД – 200 л/мин. Отмечается экономизация частоты дыхания (10–14, вместо 16–20 в минуту), изменяется соотношение между вдохом и выдохом (11:14, вместо 11:12) за счет удлинения выдоха (до 2,5–4,3 вместо 1,8–2,0 секунд). Остаточный объем легких повышается, обеспечивая большую площадь для диффузии газов. Высокий уровень диффузии сохраняется после прекращения занятий спортом, отражая приспособление к многолетней трудной физической тренировке. Потребление кислорода в покое у тренированных не превышает 300 мл/мин, артериовенозная разница по кислороду составляет 6 %. Морфофункциональная перестройка миокарда характеризуется брадикардией в покое, увеличением объёма сердца до 1500 $см^3$ у спортсменов, тренирующих выносливость. Гипертрофия миокарда улучшает кровоснабжение сердечной мышцы в связи с новообразованием капилляров и повышением оттока крови через венозную систему сердца. Тренированное сердце обладает быстрой восстановительной способностью после нагрузки. В годичном тренировочном цикле объем сердца изменяется. После соревнований у велосипедистов шоссейников он постепенно уменьшается со 1100 $см^3$ до 1000 $см^3$ через 1,5 месяца и далее до 900 $см^3$. Резервы сердца тренированного спортсмена обеспечиваются увеличением остаточного объёма желудочков, повышением на этой основе систолического выброса и брадикардией. Брадикардия у спортсменов разных специализаций выражена неодинаково. У тренированных стайеров в состоянии покоя ЧСС может достигать 48, у бегунов на средние дистанции – 56, у спринтеров – 60 в минуту. У отдельных спортсменов ЧСС в покое может удерживаться на уровне 30–36 в минуту. Соответствующие функциональные особенности тренированного сердца обозначали раньше как «спортивное сердце». Однако не все его свойства признаются оптимальными, так как при слишком большой выраженности могут привести к сердечному «срыву».

Тренированность характеризуется накоплением и эффективным использованием энергетических ресурсов за счет высокой сердечной и дыхательной

производительности, улучшения процессов микроциркуляции на фоне повышения активности ферментных систем, обеспечивающих оксигенацию и дезоксигенацию гемоглобина в капиллярах большого и малого круга кровообращения, интенсификации на этой основе утилизации кислорода тканями.

По мере повышения тренированности отмечается прирост анаэробной и аэробной производительности организма. Анаэробные источники, представленные группой макроэргических фосфорных соединений (АТФ, КрФ), обеспечивают кратковременную спринтерскую работу. Анаэробные лактатные источники, в виде запасов гликогена в мышцах и в печени, обеспечивают нагрузку в диапазоне времени от 30 секунд до шести минут (бег на средние дистанции, плавание, велотрек, большинство дистанций конькобежного спорта). Аэробные источники энергообеспечения состоят в окислении углеводов и жиров кислородом. Развертывание аэробных процессов происходит через 1,5–3 минут от начала работы (велошоссе, плавание на 800–1500 м, бег на дистанции 5000–10000 м). В комплексе с анаэробными процессами велика роль аэробного обеспечения при нагрузках от 2 до 7 минут. В процессе тренировки время врабатывания систем кровообращения и дыхания сокращается с 3–4 до 1–2 минут, увеличивается время удержания максимальных для конкретной работы величин потребления кислорода от 2–5 минут до 1–2 часов.

Экономизация функций организма при тренированности связана с совершенствованием деятельности вегетативной системы и техники движений. При выполнении стандартной работы у спортсменов высокой квалификации проявляется большая экономичность по сравнению с менее квалифицированными атлетами. Квалифицированные, постоянно тренирующиеся спортсмены обнаруживают меньший кислородный запрос, менее выраженные сдвиги ЧСС, частоты дыхания, легочной вентиляции, более высокий порог анаэробного обмена (ПАНО). У нетренированных лиц порог анаэробного обмена имеет низкие значения (40–45 % от МПК). У тренированных спортсменов – 55–60 % от МПК. У спортсменов экстра-класса, тренирующихся на выносливость – ПАНО от 70 % и более.

Реакции на физическую нагрузку у тренированных и нетренированных атлетов отличаются. На стандартную нагрузку в степ-тесте и велоэргометрии, в упражнениях в естественных условиях тренировки (бег на дистанции, выжимание определенного количества раз штанги и другие) у тренированных людей они более экономичны, чем у нетренированных людей. Главными факторами различия являются менее выраженные реакции функциональных вегетативных систем, меньшее повышение обмена веществ, более быстрое врабатывание и восстановление деятельности функциональных систем. После двухминутного бега пульс у спортсменов учащался с 66 до 120–138 в минуту и восстанавливался до исходного уровня через 2,5–3 минуты, у нетренированных с 85 до 150 в минуту и более. При предельных нагрузках тренированный организм выполняет большую по объему и интенсивности работу за счет мощной и быстрой мобилизации функций. Соответствующее функциональное состояние поддерживается длительное время. Согласно «закону рациональности», в зоне сверхнапряжений на фоне общего перевозбуждения «на пределе», организм за счет регуляций проявляет максимальные человеческие возможности.

В целом, тренированность с медико-биологических позиций является сочетанием рациональной координационной структуры движений с высоким функциональным состоянием вегетативных систем. Четкая координация обеспечивается согласованной деятельностью мышц – антагонистов, приуроченностью их биотоков (ЭМГ) к основным фазам движения. Тренированность аккумулирует совершенную технику спортивных движений; высокий уровень физических качеств; полноценность здоровья и расширенные функциональные возможности ЦНС,

сердечно-сосудистой и дыхательной систем; эффективное использование тактических приемов и навыков в состязаниях.

Из биологических факторов, обусловливающих возможность достичь высокой тренированности, выделяют наследственные особенности строения тела, двигательных координации, характера биохимических и физиологических процессов. В связи с волнообразным развитием спортивной формы используют аналогичные ритмы тренировочных нагрузок. Это подтверждается изменением константы скорости потребления кислорода мышцами и мозгом. У тренированных атлетов она однонаправленно повышается и достигает наиболее высокого уровня в состоянии спортивной формы. У нетренированных спортсменов этот показатель разнонаправлен.

В пятидесятых годах XX века было налажено производство многочисленных лекарств, производных андрогенов – анаболических стероидов, ускоряющих синтез белка в организме. С этого началась эра использования их в современном спорте. На Олимпиаде 1964 года в Токио подавляющее большинство спортсменов принимало анаболики. Ситуация в спорте стала тревожной, возникла угроза его существованию. В настоящее время анаболики начинают принимать спортсмены низших разрядов. Обнаруживается использование допинга детьми. Положительный анализ на допинг был обнаружен у 12–14-летних участников спартакиады школьников в 1984 году. Прием анаболиков и злоупотребление ими влияет на здоровье. Появляется красноватый цвет кожи, кровоподтеки, сыпь, носовые кровотечения, дрожание рук, головокружение, раздражительность. Продолжительное использование стероидов нарушает работу печени, почек, изменяет фигуру, снижает половые функции. Особенно опасны анаболики для подростков, у которых замедляется развитие хрящевой и костной ткани. Они могут перестать расти. Гормональный дисбаланс, вызываемый употреблением этих средств, приводит к мутации клеток, развитию опухоли и преждевременной смерти. К моменту создания медицинской комиссии МОК насчитывалось 30 смертельных исходов.

Тренировочный цикл в жизни спортсмена индивидуален, составляет в среднем 13–14 лет и делится на три периода: начальный, основной и период заката. Основной период у разных атлетов, в зависимости от специализации, занимает от 5–6 до 12 лет. Его можно квалифицировать как период расцвета. Спортсмен много тренируется, показывает высокие спортивные результаты. Главным в тренировке является специальная физическая подготовка, совершенствование спортивной техники, доведение её до стадии автоматизма. Тренировка, направленная на общую физическую подготовку, используется как активный отдых. Спортсмен часто принимает участие в соревнованиях с целью достижения максимального результата. Период «заката» в многолетней подготовке характеризуется постепенным снижением спортивного мастерства (утратой спортивной формы). В период «заката» спортсмены высокого класса могут показать высокий результат, если они редко выступают в соревнованиях. В тренировке этого контингента большой удельный вес имеет специальная подготовка. Работа над техникой, достигшей автоматизма, проводится с целью её поддержания. Адекватно, если спортсмен в период заката один-два раза в год участвует в соревнованиях.

Таким образом, для физиологической классификации спортивных упражнений, используются показатели относительной физиологической «мощности»: физиологической нагрузки, физиологической напряженности, тяжести работы. Такими показателями служат относительные физиологические сдвиги, которые возникают в ведущих функциональных системах в ответ на данную физическую нагрузку, выполняемую в определенных условиях внешней среды. Эти сдвиги выявляются путем сравнения текущих рабочих показателей деятельности ведущих физиологических, систем с предельными (максимальными) показателями.

Глава X. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ПРИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мышечная деятельность изменяет многие функциональные системы организма человека. Эти изменения обычно возникают еще до начала физической работы и определяют предстартовое состояние

Предстартовое состояние. Функциональная активность организма определяется степенью эмоционального напряжения и физических усилий. В здоровом организме она минимальна в условиях психического и физического покоя. При эмоциональной и физической нагрузке активность повышается до черты, обеспечивающей потребности организма.

Соревнования являются кульминационной частью тренировочного процесса, так как в них обобщаются результаты тренировки и разносторонне проверяется её эффективность. Влияние обстановки соревнований необходимо учитывать при оценке суммарной нагрузки проводимых занятий. Эмоциональное возбуждение, охватывающее спортсмена в условиях соревнований, и рабочее возбуждение нервных центров, управляющих движением и координирующих деятельность систем организма, являются факторами, от которых зависит нагрузка на организм. В обстановке старта важно содействовать проявлению оптимальных реакций, обеспечивающих повышение работоспособности и соревновательной результативности.

При этом возможна полная мобилизация функциональных систем и значительное повышение мышечных усилий (сверх уровня покоя). Вместе с тем, под влиянием соревновательного возбуждения нервной системы работоспособность может не повышаться – тогда спортивные результаты атлета оказываются ниже, чем он рассчитывал. Указанные изменения зависят от величины и направленности предстартовых состояний.

Готовность спортсмена к старту, физическим нагрузкам (тренировкам) – это готовность в кратчайшее время перейти от покоя к работе, достичь оптимальной работоспособности, перейти от одного вида или уровня интенсивности работы к другим, обеспечивая требуемое качество физической нагрузки. Готовность – одна из характеристик работоспособности, так как во многих случаях важно не только выполнить работу (упражнения) определенной интенсивности и (или) длительности, но также вовремя или, возможно, раньше ее начать. Готовность ускоряет врабатывание и обеспечивает оптимальный уровень предстартового состояния.

В предрабочем, или предстартовом, состоянии учащается и углубляется дыхание, повышается газообмен, учащаются и усиливаются сокращения сердца, возрастает АД. Отмечается лейкоцитоз с наличием палочкоядерных и юных форм. Возрастает количество эритроцитов и гемоглобина. Концентрация глюкозы в крови возрастает вплоть до появления её в моче. Увеличивается поступление в кровь гормонов коркового и мозгового вещества надпочечников, происходят значительные изменения обменных процессов.

Интенсивность предстартовых изменений различна, в зависимости от характера предстоящей деятельности. Предстартовые реакции могут наступать задолго до соревнований при предупреждении об их проведении. Выраженность реакций зависит от ранга соревнований, квалификации соперника, с которым необходимо встретиться, от уровня тренированности и типа нервной системы спортсмена. Приближение старта усиливает выраженность предстартовых изменений. Они продолжаются во время самого старта. На соревнованиях во время разминки ЧСС может достигать 100–120, редко 140 в минуту. МОД увеличивается в 2–4 раза, газообмен в 2–3 раза.

Дифференцируют три стадии предстартовых состояний. Раннее предстартовое состояние возникает, как правило, за десять дней до ответственных соревнований. Вторая стадия предстартовое состояние за несколько часов до старта и третья стадия – стартовое состояние за несколько минут до старта.

Условнорефлекторный механизм предстартовых и стартовых реакций был экспериментально доказан физиологами спорта и труда (А. Н. Крестовников). Стартовое состояние квалифицировалось как условный рефлекс, образовавшийся на раздражители первой и второй сигнальной систем, сочетавшихся ранее с мышечной деятельностью. В предстартовых и стартовых изменениях заинтересована центральная нервная система, начиная от коры больших полушарий и включая симпатический и парасимпатический отделы, гормональная и иммунная системы.

Предстартовые реакции содержат в основе психологические закономерности. Они были классифицированы психологом А. Ц. Пуни на три вида: боевая готовность, предстартовая лихорадка и предстартовая апатия. При высоком уровне тренированности спортсмен с сильной и уравновешенной нервной системой имеет перед стартом состояние боевой готовности и способен показать высокий результат в избранном виде спорта. При высоком уровне тренированности спортсмен с сильной неуравновешенной нервной системой может быть в состоянии стартовой лихорадки и не показать высокого результата в избранном виде спорта. При наличии у спортсмена слабого типа нервной системы часто возникает состояние стартовой апатии, не дающее шансов на высокий спортивный результат.

В целом, предстартовые изменения повышают уровень ФР спортсмена, однако она не достигает величины, необходимой для выполнения предстоящей основной работы. Поэтому предстартовые реакции являются первым этапом к дальнейшему увеличению ФР во время последующей работы. Более высокий уровень ФР, по сравнению с достигнутым за счет предстартовых реакций, отмечается в конце разминки.

Разминка. Для регуляции температурного гомеостаза перед выполнением физических упражнений (тренировка или, особенно, соревнования) наиболее важной является разминка, т. е. предстартовая (предварительная) подготовка тканей опорно-двигательного аппарата и кардиореспираторной системы. Известно, что в покое мышцы получают 15 %, а при мышечной работе (деятельности) до 88 % минутного объёма крови и объемная скорость при этом увеличивается в 20–25 раз. Температура мышц в покое равна 33–34°С, а после разминки повышается до 38,5°С и становится оптимальной для протекания окислительных процессов в тканях.

Разминка является продолжением предстартового состояния и направлена на дальнейшее повышение работоспособности. Физиологические механизмы разминки несколько отличны от стартового состояния. Изменение функций организма при разминке определяется комплексом условных и безусловных рефлексов. Несмотря на повышение вегетативных и соматических отправлений при стартовых реакциях, уровень сонастраивания их недостаточно высок. При разминке повышается возбудимость ЦНС и нервно-мышечного аппарата, увеличивается обмен веществ и кислородный запрос. Разминка активизирует симпатоадреналовую систему, заранее обеспечивая через специфические гормоны приспособление организма к предстоящей работе за счет мобилизации запасов гликогена, повышения деятельности сердца, дыхания, сосудов и самой крови. Импульсы, идущие в ЦНС от рецепторов работающих мышц, сухожилий, суставов, связок рефлекторно поддерживают интенсификацию систем жизнеобеспечения. Разминка вызывает перераспределительные реакции крови в пользу работающих органов. В мышцах раскрываются дополнительные капилляры. В покое открыты и функционируют 100–200 капилляров на 1 $см^3$, в работающей мышце

– до 3000 капилляров. В последнем случае расстояние между капиллярами уменьшается, то есть кровоснабжение мышц, «подвоз» к ним кислорода увеличивается. Повышение содержания адреналина поддерживает частый ритм сердца, МОК, высокий уровень глюкозы крови. Происходит улучшение кровоснабжения мозга и сердца.

В связи с повышением возбудимости ЦНС, под влиянием адреналина повышается ФР, растут показатели силы, быстроты, ловкости. Разминка переводит организм на более высокий уровень функционирования, сглаживает и ускоряет процесс врабатывания. Она оказывает разностороннеё местное и общее воздействие на организм, представляет непосредственное продолжение предстартовых состояний, упреждая процесс врабатывания. Посредством разминки можно корректировать предстартовые реакции, освобождаться от их нежелательных проявлений (стартовой лихорадки и апатии).

Мышцы, участвующие в разминочной работе, разогреваются. Скорость протекания биохимических реакций увеличивается, сокращения мышц укорачивается, мощность возрастает. Выполнение специальных упражнений на растяжение увеличивает подвижность в суставах. Разогрев мышц и увеличение подвижности в суставах предотвращает травмы опорно-двигательного аппарата, в том числе разрывы мышц.

Разминку дифференцируют на общую и специальную разминку. Общая разминка направлена на повышение общей работоспособности. Специальная разминка активизирует механизмы, заинтересованные в определенном виде деятельности и, в основном, направлена на улучшение спортивной техники.

Оптимальная продолжительность разминки и длительность интервала между её окончанием и началом работы определяется многими факторами: характером предстоящей работы (вид спорта), функциональным состоянием (тренированностью) спортсмена, внешними факторами (температура воздуха, влажность и прочее), возраст, пол и масштаб соревнований (первенство области, чемпионат Европы, Мира или Олимпийские игры). Продолжительность разминки строго индивидуальна.

При разминке функциональные системы включаются в работу гетерохронно. Следует заметить, что на любую физическую работу (нагрузку) человек тратит энергию и разминка не является исключением, поэтому она не должна быть утомительной. Интервал между её окончанием и стартом колеблется, в зависимости от интенсивности (от 1–2 до 15–20 минут). Интервал определяет успешность выполнения соревновательного упражнения. Эффект разминки оптимален в случае, когда в неё включены упражнения, близкие к ритму предстоящей работы.

Разминка должна проводиться до пота, отсюда в спортивной среде бытует термин «разогревание»: потоотделение способствует установлению необходимого уровня теплорегуляции, а также лучшему обеспечению выделительных функций.

После разминки и отдыха, при участии в соревнованиях, пульс не должен быть ниже 130 в минуту. Физиологические сдвиги, вызванные разминкой, не исчезают сразу после её прекращения и оставляют следы, проявляющиеся в виде повышенной возбудимости нервных центров (дыхательного, сосудодвигательного, терморегуляторного). Эти сдвиги важны для предстоящей основной работы. Эффекты разминки проявляются после общей части. Перед специальной частью ставится задача адаптировать организм к конкретной спортивной деятельности.

Врабатывание. Врабатывание можно охарактеризовать как процесс формирования конкретной рабочей или спортивной деятельности в начале каждой работы, когда формируется необходимый стереотип движений по рисунку, форме, амплитуде, скорости, силе и ритму.

Начальная тормозная фаза периода врабатывания обусловлена изменением функционального состояния большинства нервных центров и межцентральных отношений в связи с выраженным возбуждением двигательной сферы. Она заканчивается состоянием «центральной возбужденности», отражающим степень перехода к адекватному функционированию различных физиологических систем в условиях продолжающегося врабатывания. К примеру, в этот период двигательные центры головного мозга еще не достигают высокой эффективности в управлении работой скелетных мышц. Они посылают к мышцам неритмичные импульсы, не обеспечивающие достаточный уровень координации. Становление ритмики для формирования адекватных движений наступает через определенное время. После этого функциональные системы организма переходят на новый уровень активности, обеспечивая координированную мышечную деятельность.

Повышение качества двигательной деятельности и её вегетативного обеспечения позволяет человеку достичь максимальной для него ФР. Работа внутренних органов достигает адекватного уровня производительности позже двигательных функций, отличается гетерохронностью и выраженной вариабельностью изменения физиологических характеристик (ЧСС, СОК, МОК, частоты дыхания и другие).

Время врабатывания зависит от характера выполняемой работы, квалификации, степени тренированности, индивидуальных особенностей. При скоростной работе врабатывание занимает несколько секунд, при длительной, особенно в зонах большой и умеренной мощности – несколько минут. Окончание врабатывания есть выход в устойчивое состояние.

Врабатывание (по И. П. Павлову) – «это основной принцип физиологической жизни», последовательное повышение эффективности деятельности всех систем вследствие совершенствования двигательного акта и сопряженных с ним процессов при переходе от уровня покоя к рабочему состоянию. По скорости движения спринтера врабатывание достигается через 4–6 секунд после старта, бегунов на средние дистанции – через 2–3 минуты. Гребцы «одиночке» достигают соревновательной скорости после 5–6 гребков, в «восьмерке» – после 11–12; гонщики-велосипедисты – через 15 секунд.

В процессе врабатывания может развиваться состояние *«мертвой точки».* В состоянии «мертвой точки» спортсмен теряет интерес к выполняемой работе, возникает непреодолимое желание сойти с дистанции, падает эффективность работы. Он испытывает тошноту, стеснение в груди, тяжесть в конечностях. Этот феномен во время спортивной работы у гребцов впервые наблюдал Кольб. Он может возникнуть при любом виде работы у нетренированных и, реже, у тренированных лиц. Причиной его возникновения является несоответствие потребности в кислороде и доставки его в организм. Развивается гипоксия мозга, связанная с инертностью развертывания и сонастраивания вегетативных систем.

Состояние *«мертвой точки»* сменяется *«вторым дыханием»* – внезапно возникает ощущение легкости во всем теле, свободное дыхание. Нарастает скорость и восстанавливается техника движений. «Второе дыхание» сигнализирует о сонастроенности функций систем жизнеобеспечения и налаживании снабжения организма кислородом.

Утомление. Утомление является особым физиологическим состоянием организма, проявляющимся субъективным чувством усталости и объективным снижением ФР в результате проведенной работы. В состоянии утомления изменяются физиологические процессы, падает производительность труда, нарушается психический статус.

Тренировочная деятельность до утомления является необходимым фактором для спортивного совершенствования. В процессе такой работы организм спортсменов адаптируется к повышенным нагрузкам. Утомление можно квалифицировать как защитную реакцию организма, предотвращающую истощение энергетических ресурсов, выраженное нарушение отдельных функций и их регуляций.

У мало тренированных лиц утомление вызывает одышку, поверхностное дыхание, неравномерную вентиляцию участков легких, что может снизить надежность газообмена между кровью и альвеолярным воздухом. Уменьшается сократимость миокарда, падает сердечный выброс, отмечается понижение систолического АД (в большей степени, чем диастолического). После марафонского бега АД в среднем переходит с уровня 125/75 на 90/70 мм рт. ст. Отмечается покраснение кожных покровов, повышенная потливость. Объективными признаками утомления является изменение структуры двигательного навыка. ЭМГ основных мышечных групп при утомлении четко не совпадает с моментом главных усилий. Выраженное утомление сопровождается расстройством координации движений. Нарушение функциональных систем при утомлении связано с дискоординацией деятельности ЦНС, ослаблением гормональной деятельности гипофиза и надпочечников, истощением выделения адреналина.

Причины развития утомления и место его возникновения рассматриваются в нескольких направлениях: в энергетических системах (АТФ – КрФ, гликолиз и окисление), в накоплении промежуточных продуктов обмена, в нервной системе, в нарушениях сократительного механизма волокон.

Биопсия мышц бедер человека после максимальных повторяющихся сокращений мышц показала совпадение утомления с истощением запасов КрФ. Запасы АТФ во время мышечных усилий истощаются не так быстро, как КрФ, так как в её образовании параллельно с алактатным путем принимают участие резервы – миокиназная реакция и биологическое окисление. Возможность системы АТФ – КрФ восполнять расходуемую АТФ уменьшается, развивается утомление. В состоянии изнеможения запасы КрФ и АТФ могут истощаться. Скорость истощения запасов гликогена и КрФ зависит от интенсивности физической нагрузки. Во время бега на спринтерские дистанции мышечный гликоген расходуется в 35–40 раз быстрее, чем при спокойной ходьбе.

Снижение функции скелетных мышц при работе околомаксимальной и максимальной интенсивности квалифицируется как быстрое утомление. Для него характерен высокий градиент падения КрФ, АТФ, гликогена в мышцах. По свидетельству марафонцев, внезапное наступление утомления отмечается на 29–35 км и выглядит как «столкновение со стенкой». Запасы гликогена могут истощаться в наиболее часто используемых мышечных волокнах. В результате сокращается число волокон, способных производить мышечное усилие и необходимых для выполнения физического упражнения. Достаточное количество энергии при продолжительных физических нагрузках обеспечивает глюкоза крови, которая пополняется из печени за счет расщепления гликогена. Когда в связи с нагрузкой запасы его в печени уменьшаются, мышцы используют собственные резервы гликогена. Истощение собственных резервов приводит к возникновению утомления.

Молочная кислота, являясь промежуточным продуктом обмена, не является причиной утомления, так как аккумулируется в мышечном волокне во время кратковременного усилия высокой интенсивности. При наиболее изнурительных физических нагрузках pH в мышцах понижается от 7,1 (в покое) до 6,6–6,4 (в изнеможении). В конечном итоге, утомление наступает по причине закисления среды, замедляющей интенсивность гликолиза и образование АТФ (при этом pH крови

равно 6,9). При pH – 6,4 прекращается расщепление гликогена, наступает резкое снижение АТФ.

Некоторые формы утомления могут быть связаны с нарушением передачи нервных импульсов в синапсах, в концевой пластинке двигательного нерва под влиянием определенных факторов. Это снижение синтеза и выделения медиатора, гиперактивность или гипоактивность холинэстеразы, повышение порога возбуждения мембраны мышечного волокна и другие.

Существенное влияние ЦНС на работоспособность и развитие утомления было показано И. М. Сеченовым. Он отмечал высокую чувствительность к утомлению высших её отделов. Большую нагрузку по формированию двигательного акта несет кора мозга. В моторной зоне коры под влиянием информации от проприорецепторов опорно-двигательного аппарата нарушается баланс АТФ, снижается содержание гамма-аминомасляной кислоты. Выделение в кровь недоокисленных продуктов обмена, образующихся в связи с гипоксемическим состоянием при мышечной деятельности, потенцирует развитие утомления. Значение коры больших полушарий в развитии утомления демонстрируется убедительными фактами. Возбуждение, связанное с приятными и неприятными эмоциями, может частично и полностью снять утомление.

Многосистемное изменение функций в различных сочетаниях, в зависимости от специфики спортивной работы, основано на центральных или периферических механизмах. Оба механизма связаны через энергетические системы с характером и степенью их изменения, накоплением продуктов метаболизма при различном характере физической работы в динамике развития утомления и, в связи с этим, в большей или меньшей мере нарушением нервной деятельности или сократительного механизма мышечных волокон.

Глубина развивающегося утомления при одной и той же нагрузке зависит от степени адаптации человека к определенному виду деятельности и его тренированности, физического и психического состояния работающего, уровней мотивации и нервно-эмоционального напряжения.

Нервно-эмоциональное напряжение. Особое состояние, возникающее в процессе деятельности или общения, при котором доминирует эмоциональный компонент, придающий повышенную оценку всем или каким-либо элементам деятельности. Нервно-эмоциональное напряжение характеризуется высоким тонусом ЦНС и повышенной активностью гормонального звена регуляции. Нервно-эмоциональное напряжение, приводящее к дезорганизации деятельности, называется нервно-эмоциональной напряженностью.

Хроническое утомление. При хроническом утомлении (переутомлении) возникают выраженные дистрофические и деструктивные изменения части мышечных волокон. Одной из причин их возникновения является гипоксия или нарушение микроциркуляции тканей опорно-двигательного аппарата (ОДА). Хроническое утомление, потеря эластичности мышц (имеет место гипертонус, мышечный дисбаланс и тому подобное), мышечные боли, эпизодические спазмы мышц являются предполагающим фактором возникновения травм ОДА.

При хроническом утомлении в тканях происходит накопление недоокисленных продуктов обмена веществ, а это, в свою очередь, приводит к изменению коллоидного состава тканей, нарушениям кровообращения, что проявляется клинически болевыми ощущениями и повышенной чувствительностью соответствующих мышц. В этой фазе не отмечается выраженных органических изменений в мышцах и возвращение их к норме легко осуществимо. Следует применить массаж, гидропроцедуры, фонофорез на фоне снижения физических нагрузок, особенно скоростных и скоростно-силовых.

Нерациональное применение физических нагрузок (тренировок) может привести к функциональным перегрузкам тканей ОДА, а в последующем, если тренировки будут проводиться в таком же режиме, они будут способствовать возникновению травм и заболеваний ОДА.

Чрезмерные физические нагрузки при тренировках в среднегорье и зонах жаркого и влажного климата приводят к обострению хронических заболеваний или к перенапряжению кардиореспираторной системы.

При интенсивной мышечной работе расход энергии резко возрастает, в связи с чем, более интенсивно протекает процесс окисления веществ в мышечной ткани, увеличивается доставка кислорода к скелетным мышцам. Если кислорода для полного окисления веществ не хватает, то оно происходит частично и в организме накапливается большое количество недоокисленных продуктов, таких, как молочная и пировиноградная кислоты, мочевина и другие. Это приводит к отклонению ряда важных констант внутренней среды организма, что не позволяет ему продолжать мышечную деятельность (работу).

Переутомление и перетренированность – это симптомы невроза, который характеризуется наличием соматических и вегетативных нарушений. Невротические реакции обычно возникают при монотонных (однообразных), длительных, многообразных и многоразовых тренировках (2–3 раза в день), приводящих к постоянному эмоциональному напряжению.

Переутомление и перетренированность характеризуются ухудшением нервно-психического и физического состояния, снижением спортивной и общей работоспособности. В большинстве случаев переутомление и перетренированность наслаиваются друг на друга, давая симптомокомплекс нарушений деятельности организма.

Переутомление проявляется, прежде всего, в ухудшении спортивной работоспособности, прекращении роста достижений, несмотря на интенсивные тренировки. Ухудшаются общая работоспособность (по тесту PWC_{170}), сон, усиливаются потливость при выполнении физической нагрузки, сердцебиение (тахикардия), повышается содержание в крови мочевины, нередко имеют место изменения на ЭКГ, снижается пневмотонометрический показатель (ПТП), отражающий функцию дыхательной мускулатуры, ЖЁЛ, ФЖЁЛ и другие показатели. Переутомление нарушает слаженность взаимодействия между корой головного мозга, нижележащими отделами нервной системы и внутренними органами.

Перетренированность развивается при систематическом предъявлении спортсмену очень сложных двигательных и тактических заданий, сочетающихся с большими физическими нагрузками и недостаточным отдыхом. При перетренированности отмечаются повышенная возбудимость, неустойчивость настроения, нежелание тренироваться, вялость. Преобладание процессов торможения, в свою очередь, замедляет восстановительные процессы. Ухудшение спортивных достижений и снижение спортивной работоспособности – основной симптом перетренированности. Спортсмены высокой квалификации постоянно тренируются на фоне хронического утомления, поэтому часто возникают травмы и обостряются заболевания ОДА.

Неврозоподобным состояниям свойственны большой полиморфизм проявлений и тенденция к дальнейшему расширению симптоматики, абстрактное, причудливое, а подчас и нелепое содержание страхов и навязчивых состояний, немотивированная тревога.

Необходимы постоянный врачебный контроль над функциональным состоянием спортсмена, выявление первых (начальных) признаков переутомления. Особо

контролируются состояние здоровья (артериальное давление, частота сердечных сокращений, аппетит, потливость при выполнении физической нагрузки, сон и другие), функциональное состояние (биохимические и инструментальный методы исследования) на фоне проводимых интенсивных, объемных тренировочных нагрузок. Биохимические показатели (особенно лактат, мочевина в крови) являются первыми признаками переутомления, и если не внести коррективы в тренировочный процесс, то возникают более серьезные морфофункциональные изменения в тканях опорно-двигательного аппарата (ОДА), сердечной мышце и других органах и системах.

Восстановление. Эффективность тренировки зависит от правильного планирования объёма и интенсивности спортивных нагрузок, интервалов отдыха в течение одной тренировки, недельного, месячного, годичного циклов, обеспечивающих восстановление функций. Необходима нормализация биоэнергетического потенциала организма, нервно-мышечного механизма, ЦНС, систем жизнеобеспечения.

Процессы восстановления идут в организме постоянно, в покое и при мышечной деятельности. Генетически обусловлены две стороны обмена веществ (метаболизма) – распад высокомолекулярных соединений (катаболизм) и их синтез (анаболизм). В анаболизме заложен процесс восстановления. Скелетная мышца не могла бы сокращаться, если бы параллельно с освобождением энергии при распаде АТФ не происходил её ресинтез (восстановление). Восстановительные процессы после работы направлены на ликвидацию кислородного долга. В динамике восстановления повышается уровень газообмена в связи с интенсификацией кровообращения и дыхания.

Восстановление носит волнообразный характер, что проявляется в колебаниях ФР. При подъеме штанги через разные промежутки времени и подтягивании на кольцах до полного утомления восстановление ФР до исходной величины заканчивалось на 10-й минуте. На 13–20-й минутах проявлялась фаза повышенной работоспособности (суперкомпенсации) с увеличением ФР на 23 %. Затем ФР возвращалась к дорабочей величине.

Фазность восстановления характерна и для биохимических показателей. Они отражают разные пути в восполнении гликогена, КрФ, ферментов. Скорость восстановления, продолжительность отдельных фаз зависит от наследственных особенностей, уровня тренированности, мощности и специфического характера спортивной работы.

Различают срочное и отставленное восстановление. После изнурительной нагрузки спринтерского характера pH в мышцах восстанавливается через 30–35 минут. На фоне нормализовавшихся значениях pH, концентрация лактата в крови и в мышцах может оставаться повышенной. При этом спортсмен способен продолжать выполнять упражнения с относительно высокою эффективностью. После напряженной длительной работы отмечается позднее восстановление, протекающее от нескольких часов до нескольких суток.

Восстановительные процессы выражены тем больше, чем выше энерготраты при мышечной деятельности. При этом хорошо выражена фаза суперкомпенсации. Однако при слишком напряженной мышечной деятельности она может отсутствовать.

Для восстановления характерно гетерохронное возвращение функций к исходному уровню. Разница во времени нормализации составляет от 10–25 минут до нескольких часов. После бега на 18 км по пересеченной местности вначале восстанавливается дыхание, затем ЧСС. Время двигательной реакции нормализуется через сутки. После 40-минутной схватки у борцов первым приходит к исходному уровню ритм дыхания, затем пульса, более чем через сутки – мышечная сила. Гетерохронность в нормализации функций состоит в сравнительно быстром

восстановлении показателей дыхания и сердечного ритма. Их возвращение к исходному уровню совпадает с полной ликвидацией кислородного долга. АД в послерабочий период падает ниже исходного уровня, отражая выраженное ослабление сосудистого тонуса. Послерабочая гипотония обусловлена выраженным сосудорасширяющим действием недоокисленных продуктов обмена, находящихся в крови. Инертно, в течение 2–3 дней, восстанавливаются форменные элементы крови. Медленно нормализуются интегральные отправления ЦНС и нервно-мышечного аппарата. Это проявляется в недовосстановлении физических качеств – быстроты, силовой и общей выносливости. Полное восстановление функций после выраженного утомления совпадает с нормализацией активности гормонального звена.

Методами и средствами ускорения восстановительных процессов в организме после физических упражнений, спортивной работы и трудовых процессов являются активный отдых, фитотерапевтические и фармакологические средства.

Активный отдых – эффективная форма отдыха, экспериментально обоснованная и описанная И. М. Сеченовым. Автор показал, что при полном утомлении правой руки, в связи с работой на эргографе, её работоспособность восстанавливается быстрее, если во время отдыха правой руки работала левая. При спокойном положении обеих рук работоспособность правой руки нормализовалась медленней. Положительное влияние временно работающей левой руки на утомленную правую руку И. М. Сеченов объяснил возникновением в ЦНС доминантного очага возбуждения, возникающего по механизму обратной связи под влиянием импульсов, идущих от проприорецепторов мышц левой руки. На основе этой закономерности развита теория активного отдыха, который включен в структуру тренировочного процесса. Способность к быстрому восстановлению организма тренируется аналогично возможности спортсмена переносить большие нагрузки.

Для восстановления функциональных систем используют тепловые, водные процедуры, различные виды массажа, русскую парную баню, сауну, электросон. Применяют электростимуляцию, вдыхание газовых смесей, обогащенных кислородом, специальные температурные воздействия, фармакологические препараты, витаминизацию. К средству, оказывающему общее воздействие на организм, привыкание развивается медленно. Его эффективное действие продолжается на протяжении длительного времени. Самым адекватным средством является парная баня. В сочетании с водными процедурами она эффективно действует на организм в течение многих лет.

Спортивная форма. Этот термин обозначает готовность спортсмена к выполнению того или иного упражнения в максимальном темпе, длительности и тому подобное. Он носит собирательный характер, то есть составляющими являются физические, функциональные, технические, тактические, психологические и другие качества. Спортивная форма может быть хорошей, если тренировки проходят на фоне полноценного здоровья спортсмена. Только здоровый спортсмен может переносить большие по объему и интенсивности нагрузки, которые являются факторами стабилизации спортивной формы, функционального состояния. Физиологические механизмы, обусловливающие при систематической мышечной тренировке (деятельности) повышение неспецифической резистентности организма, сложны и многообразны. В поддержании гомеостаза и его регуляции важнейшая роль принадлежит нервной системе, железам внутренней секреции, особенно гипоталамо-гипофизарной и лимбической системам мозга.

Под спортивной формой подразумевают высшую степень тренированности. Это динамическое понятие. Она является пиком тренированности, характеризуется очень высоким уровнем работоспособности, координацией механизмов ЦНС,

обеспечивающих совершенную структуру движений и тончайшую согласованность в деятельности двигательного аппарата и внутренних органов (А. Н. Крестовников).

В годичном цикле тренировки спортивная форма приобретается, утрачивается и приобретается вновь на более высоком уровне. Новая спортивная форма развивается на фоне закрепления и шлифовки достигнутой тренированности. У сильнейших спортсменов мира она сохраняется от 2 до 5 месяцев. Эти сроки зависят от индивидуальных особенностей атлета, специфики вида спорта, эмоциональной нагрузки при тренировочных занятиях и на соревнованиях.

Спортсмены с сильным уравновешенным типом нервной системы сохраняют спортивную форму дольше, чем спортсмены со слабым типом. В циклических видах, связанных с развитием выносливости (марафонцы, пловцы, гребцы, лыжники) при основной нагрузке на сердечно-сосудистую и дыхательную систему, спортивная форма удерживается продолжительнеё по сравнению со сложно-техническими видами. Это объясняется большой сложностью двигательного навыка (спортивной техники), трудностью его поддержания длительное время, в связи с утомлением обеспечивающих её механизмов ЦНС. Положительные эмоции удлиняют время пребывания в форме, отрицательные – укорачивают.

Степень тренированности и высокая надежность спортивной формы, также зависит от функциональной подготовки вестибулярной сенсорной системы, определяющей координацию двигательной деятельности и техническое совершенствование спортивного навыка. В состоянии спортивной формы атлеты отличаются высоким уровнем возбудимости. При слабых физических нагрузках феномен экономизации у них не проявляется. Спортивная форма характеризуется высшей степенью сонастроенности функций.

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, а также планировать режим двигательной нагрузки, исходя из уровня физической подготовленности и состояния здоровья организма спортсмена.

Глава XI. МЕХАНИЗМЫ ОБЩЕЙ И СТРУКТУРНОЙ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Работоспособность при постоянном объеме тренировки существенно возрастает уже в начальном периоде. В дальнейшем работоспособность повышается еще в некоторой степени, пока не достигнет стабильного устойчивого уровня (плато) – предела работоспособности. И дальнейшее повышение работоспособности возможно лишь в том случае, если нарастает объем тренировок. Стабильный уровень, который достигается путем предельного увеличения объёма тренировок, отражает максимум работоспособности; продолжение тренировки не дает большего эффекта. Эта временная кривая применима в принципе ко всем формам тренировки. Физиологические сдвиги, вызванные адаптацией в период тренировки, могут изменяться в обратном направлении после ее прекращения.

Процессы адаптации, связанные с тренировкой, существенно варьируют в зависимости от ее содержания. Может происходить адаптация скелетных мышц (метаболические изменения или увеличение площади поперечного сечения), сердца или дыхательной системы (увеличение максимальной дыхательной способности) либо нервной системы (внутри- и межмышечная координация). Большая часть этих изменений очень существенна для повышения работоспособности.

Для того чтобы оценить степень адаптации (тренированности), необходимо знать исходное состояние тренированности. Степень (состояние) адаптации к физической работе имеет индивидуальный характер. У одного и того же человека она зависит от характера и величины (объёма) физической нагрузки. Тренировка на выносливость вызывает отчетливые изменения многих физиологических показателей. Из них наиболее резко выражено увеличение сердечного объёма (дилатация сердца) и массы сердца (гипертрофия мускулатуры стенки). У спортсменов, тренирующихся на выносливость, происходит также отчетливое повышение жизненной ёмкости легких (ЖЁЛ). Главный фактор в работоспособности, требующей выносливости, – это адекватное поступление кислорода в мышцы, которое определяется максимальным сердечным выбросом.

Адаптация – универсальное свойство живой материи, обеспечивающеё приспособление организма к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. Она включает все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности человека, формирующиеся на основе физиологических процессов, происходящих в клетках, органах, системах и организме. Человек обладает высоким фактором надежности адаптации к различным по выраженности изменениям среды, вплоть до стрессовых. У индивидуума приспособление развивается на базе заложенных в генетическом фонде биологических и приобретенных в результате жизненного опыта резервов.

Реализация механизмов адаптации осуществляется за счет нервных и гормональных регуляций. Метаболиты и продукты распада клеток действуют как индукторы протеиносинтеза, создавая возможность согласования пластического обеспечения с активностью клетки. В настоящее время стимулом для синтеза белков считается дефицит АТФ. Этот механизм является основным в восстановительный период. После прекращения деятельности происходит ресинтез АТФ с повышением в фазу суперкомпенсации энергетического потенциала. В индукции усиленного синтеза белков, наряду с метаболитами, участвуют биологически активные вещества из тканей, в том числе простагландины. Важную роль играют гормоны. Гормональные изменения

обеспечивают индукцию адаптивного синтеза белков и снабжение его строительным материалом. Однако ведущая роль принадлежит глюкокортикоидам, участвующим в управлении многими компонентами общего адаптационного механизма. Мобилизация пластического резерва организма является наиболее важным направлением их влияния на процессы приспособления. Удаление надпочечников препятствует достижению стадии резистентности или укорачивает её. Соматотропин, тироксин и андрогены характеризуются как индукторы протеиносинтеза. Под влиянием физической нагрузки их выделение увеличивается. Дефицит гормонов щитовидной и поджелудочной желез не исключает возможности развития эффективной адаптации. Специфика использования пластического резерва определяется взаимодействием гормональных индукторов с метаболитами и активными тканевыми соединениями. Взаимодействующие механизмы общей адаптации в каждой конкретной ситуации приобретают специфические черты.

Развитие тренированности объективно отражает переход срочных реакций в долговременную адаптацию, характеризующуюся повышением функциональных способностей организма. Достижение высокого результата возможно при увеличении тренировочных нагрузок, параллельно росту мастерства. Такой метод обеспечивает выход из гомеостаза покоя и запуск долговременной адаптации. Влияние глюкокортикоидов, тироксина, инсулина, соматотропина распространяется на протеиносинтез в зависимости от специфики каждой ткани. Андрогены, действуя на анаболические процессы, индуцируют синтез ферментов, за которым следует индукция синтеза структурных белков. Связанная с этим задержка азота приводит к увеличению мышечной массы, повышению содержания белка и РНК.

Адаптация в процессе тренировки в значительной мере зависит от специфического характера нагрузки. При силовых упражнениях ведущая роль принадлежит синтезу миофибриллярных белков, при кратковременных упражнениях максимальной мощности – синтезу саркоплазматического ретикулума. Упражнения субмаксимальной мощности, в связи с неполным удовлетворением кислородного запроса, накоплением молочной кислоты и смещением pH в кислую сторону, способствуют синтезу ферментов гликолиза и белков, обеспечивающих высокую буферную способность крови. При аэробном характере работы в организме усиливается синтез белков митохондрий. Специфика адаптационных реакций обусловлена гормональным звеном регуляций, степенью активации определенных желез внутренней секреции. Эффект тренировки проявляется при многократном повторении нагрузок, их суммировании за счет коротких интервалов времени между ними. Это обеспечивается наличием в клетках механизмов, прекращающих усиление белкового синтеза и возвращением к уровню покоя после завершения восстановления. Искусство организации спортивной тренировки заключается в нахождении режима нагрузок и оптимальных интервалов между ними, обеспечивающих динамическое увеличение синтеза белков, основу для морфофункционального совершенствования организма спортсмена.

Взаимодействие организма с внутренней средой осуществляется гуморальным и нервным путем. На действие раздражителей организм активизирует или тормозит деятельность различных органов и тканей. Устойчивость организма к воздействию различных повреждающих факторов среды, реализуемая на основе общебиологического принципа гомеостаза – совокупностью скоординированных реакций, обеспечивающих поддержание или восстановление постоянства внутренней среды организма.

Строение организма человека предопределило нормальное функционирование органов и систем в условиях активной двигательной деятельности. Снижение

двигательной активности ведет к функциональным и морфологическим изменениям в организме, влияющим на сокращение продолжительности жизни. Двигательная активность сдерживает возрастные инволюционные изменения, способствует продлению периода активной творческой жизни. Снижение двигательной активности, обусловленное образом жизни, особенностями профессиональной деятельности, постельным режимом, называется гипокинезией. Снижение двигательной активности – гипокинезия – рассматривается в настоящее время как важнейший фактор риска многих заболеваний. Многочисленными экспериментальными и клиническими исследованиями установлено, что ограничение подвижности вызывает неблагоприятные изменения во всех органах и системах организма. Все это обусловливает необходимость разработки практических мер по профилактике и преодолению гипокинезии. Важнейшей из них является стимулирование двигательной активности.

Минимальный для живого организма уровень активности – это тот предел физиологического стресса, ниже которого прекращается развитие организма. Не достаточность питательных веществ, а определенный уровень двигательной активности организма является основой его истинного физиологического развития. Принято считать, что организм растет в результате усвоения питательных веществ. Экспериментальные исследования (И. А. Аршавский) показали, что, если в условиях хорошего питания у развивающегося организма исключить всякую двигательную активность, его рост резко задерживается или совсем прекращается. Автор заключает, что питательные вещества являются лишь условиями роста организма, а не его причиной.

В процессе жизнедеятельности организм человека адаптируется к внешним и внутренним воздействиям. Адаптация поддерживает постоянство гомеостаза, и обеспечивает работоспособность. Человек обладает поистине неограниченными возможностями приспособления к необычным условиям существования, к воздействию различных неблагоприятных факторов. Это приспособление обеспечивается в процессе жизнедеятельности за счет резервных возможностей организма, выработки и совершенствования компенсаторных приспособительных реакций.

Под физиологическими резервами понимается выработанная в процессе эволюции способность органа или системы и организма в целом во много раз усиливать интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя. В этом определении физиологических резервов подчеркиваются принципы физиологической школы И. П. Павлова – широкий подход к изучаемым явлениям, учет эволюции и биологического смысла этих явлений.

Физиологические резервы обеспечиваются анатомо-физиологическими и функциональными особенностями строения органов, а именно наличием парных органов, обеспечивающих викарное замещение функции (почки, анализаторы и тому подобное), возможностью значительного усиления деятельности органов; увеличением общей интенсивности кровотока, легочной вентиляции и тому подобное.

Наличие резервных возможностей организма позволяет в ряде случаев переносить без отрицательных последствий воздействие экстремальных факторов. Известно, например, что хорошо физически тренированные люди способны в течение длительного времени сохранять работоспособность при содержании кислорода во вдыхаемом воздухе 16 % и ниже, углекислого газа – более 2–3 % и так далее. Ярким примером эффективности развития физиологических резервов может служить тот факт, что тренированный спортсмен способен не только выжить, но производить достаточно большую по объему и интенсивности физическую работу при pH внутренней среды

организма, равной 6,92. У здорового, но не тренированного человека при pH среды ниже нормы на 0,3–0,4 могут наступить изменения, не совместимые с жизнью.

Именно поэтому определение физиологических резервов организма, их расширение и использование должны войти в арсенал методов оценки и укрепления здоровья, в частности, занимающихся физической культурой и спортом.

Физиология адаптации. Слово адаптация происходит от латинского слова adaptatio – приспособление. Следует исходить из такого определения этого понятия: адаптация – это процесс достижения устойчивого уровня активности функциональных систем, органов и тканей, а также механизмов управления, который обеспечивает возможность длительной активной жизнедеятельности организма человека в измененных условиях существования.

Сущность адаптации сводится к перестройке функции организма в новых условиях среды, обеспечивающих сохранение организма, его развитие и нормальную жизнедеятельность.

Процесс адаптации во всей его сложности расценивается в разных критериях:

1. В термодинамических критериях – адаптация – процесс поддержания оптимального уровня неравновесия биологической системы в адекватных и неадекватных условиях среды, обеспечивающего максимальный эффект внешней работы, направленный на сохранение и продление жизни данной системы.

2. В кибернетических критериях – адаптация – процесс самосохранения функционального уровня саморегулирующейся системы в адекватных и неадекватных условиях среды. При этом имеет место выбор функциональной стратегии, обеспечивающей оптимальное выполнение главной конечной цели поведения биосистемы.

3. В биологических критериях – адаптация – процесс сохранения и развития биологических свойств вида, популяции биоценозов, обеспечивающих прогрессивную эволюцию биологических систем в адекватных и неадекватных условиях среды;

4. В физиологических критериях – адаптация – процесс поддержания функционального состояния гомеостатических систем и организма в целом, обеспечивающий его сохранение, развитие и работоспособность, и максимальную продолжительность жизни в измененных условиях среды.

Описание механизмов адаптации первоначально дал канадский ученый Ганс Селье. В представлении Г. Селье адаптация развивается под действием гуморальных механизмов. В свое время эта теория была первой и наиболее исчерпывающей концепцией, трактующей механизмы адаптации. Концепция Г. Селье неоднократно пересматривалась. Ученые исходят при изучении механизмов адаптации из принципов нервизма. Специальные работы показали, что длительное раздражение интерорецепторов, вызывающее изменения в дыхании и кровообращении, теряет свое влияние, и возникшие сдвиги в работе этих систем угасают. Происходит адаптация – переход на новый уровень работы висцеральных систем. Большую роль в этом процессе играет изменение функции нервных центров, состояние которых по ряду признаков совпадает с характеристикой внутреннего торможения. Феномен привыкания обнаружен и на нейрональном уровне. В ряде экспериментов было также показано, что адаптационный синдром может развиваться в условиях блокады действия гормонов адаптации. Таким образом, возникли новые, более широкие представления о механизмах адаптации, в которых теория Г. Селье включена как компонент.

Виды адаптации. Адаптация связана с реакциями двух видов. При одном активизируются физиологические механизмы, обеспечивающие усиление контакта с действующим фактором, при другом – возникает разрыв с действующим на организм раздражителем. Иначе говоря, имеет место как активация восприятия раздражителя

(например, повышение суставно-мышечной, слуховой и другой чувствительности в процессе упражнения), так и блокада и избегание его действия. В зависимости от силы действия, условий и функционального состояния организма адаптивные факторы могут вызывать как благоприятные, так и неблагоприятные реакции (например, в период болезни). Недостаток O_2 и избыток CO_2 в окружающем воздухе в зависимости от концентрации может оказать как благоприятное, так и неблагоприятное воздействие.

Существенную роль в процессе обоих видов адаптации играют рецепторы, чувствительность которых в зависимости от характера раздражителя может, как повышаться, так и понижаться. В последнем случае порог чувствительности рецептора к действию раздражителя повышается, и таким образом, его влияние как бы «блокируется на входе». Известно, что почти все рецепторы обладают этим свойством. При длительном действии раздражителя рецепторы перестают генерировать импульсы, или частота импульсов снижается по сравнению с первоначальной. Внешне это выражается в привыкании к раздражителю. Например, при выходе из темного помещения на ярко освещенную светом улицу мы сначала жмуримся – свет нас раздражает, но спустя некоторое время мы привыкаем и не чувствуем неудобства. Достаточно погрузить руку в горячую воду и продержать её там некоторое время, как субъективное ощущение горячего уменьшается. Человек как бы перестает чувствовать прежнюю интенсивность раздражения.

Явлением, родственным адаптации рецепторов, служит аккомодация тканей к действию раздражителя. Она выражается в повышении порога раздражения ткани под действием нарастающего раздражения и зависит от скорости нарастания раздражения во времени. Если, например, сила раздражающего мышцу тока резко возрастает, то мышца реагирует на него сильным сокращением. Если же силу тока наращивать очень медленно, постепенно, то сокращения может не наступить, так как изменяется величина самого критического уровня деполяризации. Ткань как бы успевает «организовать» невосприимчивость к раздражению.

Блокировка и активизация раздражения может осуществляться и на других уровнях – высших по сравнению с рецепторными или тканевыми. Известно, например, существование кортикоталамического механизма, который путем нисходящих влияний ограничивает или стимулирует поток поступающей информации (импульсов) с периферии в кору. Этот механизм ограничения можно также рассматривать как блокировку излишних раздражений «на входе». Блокировка раздражения находит свое отражение и в ряде механизмов деятельности центральной нервной системы. Примером может служить «отрицательная индукция» по И. П. Павлову. Явление доминанты в коре больших полушарий предопределяет блокирование менее значимых для организма раздражений. Она же активизирует взаимодействие организма с окружающей средой.

Начальная фаза адаптации. Эта фаза развивается в самом начале действия как физиологического, так и патогенного факторов. Большей частью она складывается из двух разнонаправленных комплексов реакций. Первый комплекс связан с ориентировочным рефлексом. Ориентировочный рефлекс, как это описано И. П. Павловым, сопровождается торможением многих видов осуществляющейся до этого времени деятельности. Примечательно, что некоторые физиологи считают тормозную реакцию обязательным компонентом реагирования на действие любого сильного агента.

Вслед за первым – тормозным комплексом – возникает второй комплекс, складывающийся из реакций возбуждения. При этом активизируются нервно-трофические влияния и реагируют висцеральные системы вспомогательного значения: кровообращение, дыхание. Этими реакциями управляет центральная нервная система с

широким вовлечением гормональных факторов. Отмечается повышенный тонус симпатической нервной системы. Следствием активации симпатико-адреналовой системы и являются такие сдвиги вегетативных функций, которые имеют катаболический характер и обеспечивают организм необходимой энергией, как бы «в предвидении» необходимых в скором будущем затрат. Эти предупредительные меры имеют в основе проявление «опережающего» возбуждения, описанного П. К. Анохиным.

В начальную фазу активность вспомогательных систем развертывается некоординированно. Число измененных процессов в деятельности различных систем неадекватно велико. Управление функциями со стороны нервной системы и гуморальных факторов недостаточно синхронизировано, и вся фаза в целом представляется, как попытка организма адаптироваться за счет разрозненной мобилизации органных и системных вспомогательных механизмов. Тканевые процессы, «метаболический котел», а тем более молекулярные процессы в клетках и мембранах организма остаются в эту фазу относительно интактными, так как для их перестройки требуется определенное дополнительное время.

Систематическая тренировка формирует физиологические механизмы, расширяющие возможности организма к адаптации через развертывание приспособительных физиологических процессов.

Фаза перехода от начальной адаптации к устойчивой адаптации. Она характеризуется уменьшением возбудимости центральной нервной системы, снижением интенсивности гормональных сдвигов, выключением ряда систем и органов, первоначально включенных в реакцию. В ходе этой фазы приспособительные механизмы организма как бы постепенно переключаются на более глубокий тканевый уровень.

Фаза устойчивой адаптации. Она является собственно адаптацией – приспособлением – и характеризуется новым уровнем деятельности тканевых, мембранных, клеточных элементов, органов и систем организма, перестроившихся под прикрытием вспомогательных систем. Эти сдвиги и управляющие физиологические механизмы скоординированы и обеспечивают новый уровень гомеостазиса, адекватного новым, часто трудным для организма условиям существования.

В целом сохранение гомеостазиса в эту фазу требует напряжения нейрогуморальных механизмов, что обусловливает возможность их срыва. Характерная черта фазы устойчивой адаптации – относительная экономичность физиологических процессов. Для формирования устойчивой адаптации, носящей долговременный характер, имеются предпосылки, в основе которых лежат механизмы памяти в ЦНС и периферических органах и тканях.

Достижение организмом фазы устойчивой адаптации – жизненная необходимость для его оптимальной жизнедеятельности в новых условиях в течение длительного времени. Предшествующие этой фазе физиологические сдвиги должны быть направлены на обеспечение решения этой задачи.

Переключение реактивности организма на новый уровень сопровождается активизацией ряда реакций, а также возвращением некоторых показателей вспомогательных систем к исходным не дается организму «даром», а протекает при определенном напряжении управляющих и других систем. Это напряжение принято называть ценой адаптации. Любая активность в организме, адаптированном к той или иной ситуации, «обходится организму много дороже», чем в нормальных условиях (например, при физических нагрузках в горных условиях требуется на 25 % больше затрат энергии).

Нельзя, однако, рассматривать эту фазу как нечто абсолютно стабильное. В организме возможны отклонения – флюктуации, которые связаны с изменением баланса расхода и восстановления жизненных потенциалов в связи с необходимостью сохранения нового уровня гомеостаза действием различных дополнительных побочных факторов.

Г. Селье объясняет фазу резистентности (то есть устойчивой адаптации) лишь активностью гормонов адаптации (АКТГ и гормонов коры надпочечников). Вместе с тем для осуществления и сохранения резистентности требуется активность нервных центров. В ходе развития адаптации формируются новые интегративные соотношения в центральной нервной системе, что следует считать первичным управляющим механизмом. Создается доминанта, определяющая характер комплекса адаптационных сдвигов. При этом активизация нервных процессов играет существенную роль. Гормональный фон, изученный Г. Селье, представляет собой неразрывный компонент первичных перестроек при ведущей роли центральной нервной системы.

Поскольку фаза устойчивой адаптации связана с постоянным напряжением физиологических механизмов и процессов (перестройкой нервных и гуморальных реакций и их соотношений, формированием функциональных систем и другие), то функциональные резервы во многих случаях могут истощаться. Особое внимание привлекает ослабление иммунологических резервов. Гормональные механизмы – наиболее истощаемое звено. Истощение организменных и системных управляющих механизмов, с одной стороны, а также органных и клеточных механизмов, связанных, в частности, с повышенными энергетическими затратами, с другой, приводит к дезадаптации.

Фаза дезадаптации. Это состояние может возникнуть в результате истощения физиологических резервов и нарушения взаимодействия нейрогормональных и метаболических механизмов адаптации. В результате в организме нарушается баланс расхода и восстановления в органах и тканях, а также взаимосвязь в работе физиологических систем. Дезадаптация возникает чаще всего в тех случаях, когда функциональная активность в новых условиях чрезмерна или действие факторов, явившихся основными стимуляторами адаптивных изменений в организме, усиливается, и они приближаются по силе к экстремальным факторам.

Утрата адаптации. Организм может снова вернуться к исходным условиям, переместившись из среды, для него необычной, в среду, адекватную для всех его функций. В этом случае все приобретенные новые свойства, обусловливающие адаптацию, оказываются во многом неоправданными и энергетические затраты – превышенными. Организм, не испытывая больше воздействий адаптогенных факторов, постепенно начинает терять приобретенные в ходе адаптации морфофункциональные особенности.

В этих условиях при устранении адаптогенных факторов или адаптогенной ситуации все изменения развиваются постепенно. При этом перестройка функционального состояния в различных органах и системах идет неодновременно (гетерохронно), а их взаимодействие динамично изменяется. Перестройка организма при этом имеет особенности и не представляет собой по динамике различных функций зеркального отражения процесса адаптации. Например, при адаптации к гипоксии в первую очередь изменяется внешнее дыхание, кровообращение, а затем уже тканевые обменные процессы.

При реадаптации к исходным условиям тканевые процессы подвергаются изменениям значительно более активно. Вместе с тем полного возврата к исходному состоянию в организме обычно не происходит за счет остаточных адаптационных сдвигов. Процессы реадаптации имеют фазовый характер. В разные её периоды

функциональное состояние и работоспособность организма имеют различия. Так, например, после тренировки в горах, в зависимости от периода реадаптации, спортсмены могут показывать на равнине как хорошие, так и плохие результаты.

Готовность организма к адаптации зависит как от приобретенных в результате многократной адаптации и с помощью специальных средств тренировки особенностей организма, так и от наследственных его свойств. У людей способность к адаптации очень вариабельна и складывается из врожденных (генотипических) особенностей реактивности организма, из приобретенных (фенотипических) свойств его реактивности. Выделяют два вида людей в зависимости от их способности адаптироваться к измененной внешней среде. Первый тип назван спринтером. Люди этого типа относительно легко адаптируются к резким, но кратковременным изменениям внешней среды, особенно при их повторном воздействии. Второй тип людей, названных стайером, отличается способностью хорошо адаптироваться в условиях длительно действующих факторов, изменяющих функции организма. Процесс адаптации таких людей развивается замедленно, но оказывается наиболее прочным и стойким.

Готовность к адаптации не стабильна и может меняться как в одну, так и в другую сторону. В зависимости от степени готовности к адаптации сам процесс адаптации развивается по-разному у одного и того же лица в разных случаях. Можно назвать много факторов неспецифического и специфического действия, понижающих и повышающих способность организма к адаптации. Большое значение для процесса достижения готовности к адаптации имеет именно взаимодействие факторов, к которым организм должен приспосабливаться.

Готовность к адаптации, в частности, зависит и от того, как совпадает действие фактора, к которому организм вынужден адаптироваться, с фазами тех или иных биологических ритмов, меняющих его реактивность. Для готовности организма к адаптации и эффективности в её осуществлении значительную роль играют факторы, укрепляющие организм, стимулирующие его неспецифическую резистентность: рациональное питание, обоснованный режим, адаптирующие медикаментозные средства, физическая тренировка, закаливание.

Физическая тренировка – важный фактор развития адаптации. Физическая тренировка, как уже было сказано, оказывает влияние на многие системы организма. Оно распространяется на активацию метаболического котла, активирует нервно-мышечный аппарат, вегетативные вспомогательные системы. Одним из важнейших результатов упражнения является установление в центральной нервной системе сложнейших координационных соотношений. Сам по себе двигательный акт за счет обратных связей формирует нервные механизмы управления движением и вегетативными сдвигами.

Физическая тренированность, развивая механизм координации в нервной системе, обусловливает повышение обучаемости, тренируемости нервной системы и организма в целом. Разносторонняя физическая тренировка обеспечивает развитие способности лучше усваивать новые двигательные навыки. Дыхание газовыми смесями с недостатком O_2 развивает способность лучше приспосабливаться к разной степени избытка CO_2 и недостатка O_2 и другие. Например, при обучении катанию на коньках, сколько лишних движений, неоправданных усилий затрачивается на первых порах. Проходит какое-то время, и у катающегося уже спокойный фон дыхания и кровообращения, координированные, экономичные движения. Механизмы эти оказывают влияние на тренируемость при других упражнениях.

Таким образом, развитие функций и их тренируемость обеспечивает расширение возможностей организма в приспособлении к широкому кругу воздействующих на

организм новых факторов за счет расширения возможностей в механизмах «переноса». Так, например, расширение под влиянием физической тренировки устойчивости организма человека в условиях гипертермии положительно сказывается и на устойчивость к гипоксии и так далее.

Повышенная интенсивность обмена веществ в органах и тканях, которая возникает при повышенной физической нагрузке и других формах функциональной активности, в новых условиях существования, приводит к активизации генетического (ДНК, РНК и другие) аппарата в клетках. При этом в результате большого расхода АТФ возникает её недостаточность, что, в свою очередь, является активатором внутриклеточных процессов.

Благодаря наличию и функционированию неспецифических механизмов, соответствующих адаптационным реакциям, развитие специфических адаптационных сдвигов облегчается. Сдвиги при физической тренировке, а также и приспособление к новым условиям существования или действию какого-либо фактора представляет собой фактически обучение в широком смысле этого слова.

Функциональные резервы адаптации – это скрытые возможности организма изменять интенсивность и скорость протекания энергетических и пластических процессов обмена. Изменение интенсивности и скорости развертывания физиологических процессов происходит в клетках, тканях, органах, системах и организме в целом. Резервы расходуются на повышение физических качеств – силы, быстроты, выносливости, ловкости. Психологически улучшается осознание цели, готовность бороться за её достижение; повышать способность к выработке новых и совершенствованию приобретенных двигательных навыков.

Адаптация к мышечной работе осуществляется через мобилизацию функциональных резервов организма. Их развертывание происходит всякий раз при переходе на новый, более высокий уровень деятельности функциональных систем по сравнению с состоянием покоя. Функциональный резерв органа или системы количественно характеризуется разностью между максимальными изменениями функций при работе с исходной величиной в состоянии покоя. Включение физиологических резервов не характеризуется усилением активности одновременно всех функциональных систем. Повышение деятельности одних сопровождается угнетением функций других органов. Использование резервов зависит от возмущающего фактора, требующего их реализации.

Знание закономерностей адаптации человеческого организма к физическим нагрузкам – это основа эффективного использования физических упражнений для рациональной физической тренировки, которая направлена на сохранение и укрепление здоровья спортсменов.

Глава XII. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ

Физические качества – это врожденные морфофункциональные показатели, благодаря которым возможна физическая активность человека, получающая полное проявление в целесообразной двигательной деятельности. К основным физическим качествам относят мышечную силу, быстроту, выносливость, гибкость и ловкость.

Развитие физических качеств обусловлено наследственными задатками, то есть выдающиеся спортсмены обладают уникальным генотипом, определяющим высокие специфические функциональные возможности; реализуемые в процессе спортивной тренировки. При этом конкретное физическое качество имеет определённый возрастной период, когда развитие его происходит наиболее успешно. Так, быстроту следует развивать с 8 до 14 лет, силу – с 13 до 17 лет, а выносливость – после окончания полового созревания.

Физиология мышечной силы. Воздействие человека на внешнюю среду обеспечивается мышечной силой, проявляющейся посредством мышечного сокращения. Эффективность сокращения определяется сложными процессами, протекающими в мышцах, и оптимальным уровнем их регуляции посредством ЦНС.

Структурно-функциональным элементом нервно-мышечной системы является двигательная единица. Она включает альфа-мотонейрон, расположенный в передних «рогах» серого вещества спинного мозга, и волокна скелетных мышц. Длинный отросток альфа-мотонейрона направляется к мышце, ветвится на конечные терминалы, иннервирует определенное количество мышечных волокон. Нервный импульс, возникающий при возбуждении альфа-мотонейрона, проводится по аксону к мионевральным синапсам, стимулирует выделение медиатора в синаптическую щель, способствуя генерации потенциала действия в мышечном волокне. В результате развивается сложный процесс сокращения.

Миофибриллы, являющиеся сократительным аппаратом мышечного волокна, состоят из чередующихся темных и светлых дисков. Темные диски включают протофибриллы двух типов – толстые и тонкие. Преобладают толстые нити. Светлые диски содержат тонкие нити. Толстые нити построены из высокомолекулярного белка миозина, состоящего из 4 полипептидных цепей (двух тяжелых и двух легких). Тяжелые цепи закручены друг относительно друга в двойную спираль, раздваивающуюся на одном из её концов (головка молекулы). Легкие цепи локализованы около головки миозина. Головка обладает ферментативной активностью за счет миозиновой АТФ-гидролазы (АТФ-аза), которая катализирует реакцию гидролиза АТФ с выделением 42 кДж энергии:

$$АТФ + H_20 \xrightarrow{АТФ\text{-}аза} АДФ + Ф_н + E$$

Тонкие нити состоят из белков – актина и тропонина. Глобулярный G-актин в присутствии АТФ и ионов Mg^{2+} полимеризуется в фибриллярный F-актин. Нити F-актина скручиваются относительно друг друга в двойную спираль. На полный виток спирали приходится 13–14 молекул G-актина. В желобке спирали расположена молекула тропомиозина. В конце тропомиозиновых молекул располагаются четыре молекулы тропонина. В углублениях актиновых нитей находится молекула АДФ

(активный центр актина), несущая отрицательный заряд и прикрытая в покое тропонином.

Миозин в покое также неактивен, так как на его головке находится отрицательно заряженный комплекс MgАТФ, не позволяющий белку проявлять АТФ-азные свойства. Активатором сократительных белков является ион Ca^{2+}, выделяющийся в саркоплазму мышечного волокна в ответ на передачу нервного импульса. Концентрация ионов Ca^{2+} в саркоплазматическом ретикулуме (депо ионов) выше, чем в саркоплазме. В процессе возбуждения ионы Ca^{2+} выходят из саркоплазматического ретикулума и активируют сократительные белки, открывая активный центр актина. Происходит нейтрализация заряда на головке, что приводит АТФ в возбужденное состояние. Частичный гидролиз АТФ вызывает движение миозиновых нитей головки, которые заходят в углубление актиновых нитей по всей длине. Между нитями образуется актомиозиновый комплекс. Миозин, проявляя ферментативные свойства, вызывает гидролиз АТФ. Выделившаяся энергия используется для поворота миозиновых головок в углублении актиновых нитей на 180°. Актиновые нити втягиваются внутрь миозиновых, длина саркомера уменьшается, осуществляется мышечное сокращение. Прекращение нервного импульса приводит к расщеплению ацетилхолина (в синапсе он удерживается не более 30 мс) и разрыву комплекса. Ионы Ca^{2+} возвращаются в саркоплазматический ретикулум, актин и миозин инактивируются, длина саркомера возвращается к исходной величине, происходит расслабление мышечного волокна.

Мышечные волокна неоднородны. Они делятся на три типа: А, В и С. Волокна А представляют собой светлые большие клетки с малым содержанием миоглобина, преобладанием анаэробного типа энергетического обмена, низким уровнем использования липидов и высоким потреблением гликогена. Они бедны митохондриями, слабо снабжены капиллярами и имеют высокую скорость сокращения. Волокна С небольшого размера, богаты миоглобином, митохондриями и обладают высоким уровнем потребления липидов в аэробных условиях. Скорость их сокращения минимальна. Волокна В занимают промежуточное положение между тинами А и С.

Исследование типов мышечных волокон явилось основой для классификации ДЕ. Выделяют четыре типа: медленные (S), устойчивые к утомлению; быстрые (FR), устойчивые к утомлению; быстрые (FF), неустойчивые к утомлению. Между типом ДЕ и свойствами мышечных волокон имеется тесная взаимосвязь. В мышечных волокнах медленных ДЕ преобладают процессы окислительного фосфорилирования. Для мышечных волокон быстрых, быстро утомляемых ДЕ характерны анаэробные процессы. В мышечных волокнах остальных типов выявляются анаэробные и аэробные процессы.

Мышечная сила и её виды. Мышечная сила – это способность человека преодолевать внешнее и внутреннее сопротивления за счет мышечного напряжения Она находится в обратной зависимости от скорости движения. Чем выше скорость, тем меньше сила. Взрывной характер динамических усилий обеспечивается за счет максимального ускорения при преодолении минимальных сопротивлений. Быстрая сила проявляется при преодолении средних сопротивлений, с ускорением ниже максимального. Медленная сила выявляется при преодолении предельных сопротивлений с отсутствием ускорения. В зависимости от величины сопротивления и ускорения можно выделить физические упражнения скоростного, скоростно-силового и силового характера.

В настоящее время имеется большое количество противоречивых понятий мышечной силы. Выделяют абсолютную мышечную силу и охарактеризуют её как максимальный груз, который может приподнять мышца при своей естественной длине. Сила мышцы, при прочих равных условиях, пропорциональна физиологическому

поперечнику – перпендикуляру, проведенному к ходу мышечных волокон. Анатомический поперечник представляет перпендикуляр, проведенный к длиннику мышцы. Для мышц с параллельным ходом волокон физиологический поперечник равен анатомическому поперечнику. Одной из таких мышц является портняжная мышца. Большинство других имеет более сложный ход волокон (перистые, веретенообразные, косые). Их физиологический поперечник может быть в несколько раз больше анатомического.

Учитывая существенную роль физиологического поперечника в проявлении силы, предложено определять абсолютную силу как «максимальное приращение напряжения, отнесенное к единице физиологического поперечника». В связи с этим максимальное напряжение мышцы в условиях изометрического сокращения было обозначено как максимальная сила. Она проявляется при произвольной активации всех ДЕ в режиме гладкого тетануса и выражается в ньютонах. Отношение максимальной силы к физиологическому поперечнику мышц используется при равнении их силовых характеристик. Абсолютная сила икроножной мышцы человека равна 5,9 кГ/см^2, сгибателя плеча – 8,1, жевательной мышцы – 10, двуглавой мышцы плеча – 11,4, трехглавой мышцы плеча – 16,8, гладких мышц – 1 кГ/см^2.

Функциональное состояние организма человека существенно влияет на проявление мышечной силы. Активация симпато-адреналовой системы, выявляющаяся в стрессовых ситуациях, может резко повышать мышечную силу.

Механическая работа (А), совершаемая мышцей, измеряется произведением поднимаемого веса (Р) на расстояние (h): $A = P \times h$ *(кгм)*. Если мышца при сокращении не поднимает груз, её внешняя работа равняется нулю. При поднятии и увеличении массы груза работа возрастает, при максимальных нагрузках – падает. В условиях изометрического режима работа не совершается. Оптимальную работу мышца производит при средних нагрузках. Мощность мышцы измеряется величиной работы в единицу времени. Зависимость работы и мощности от нагрузки называется «правилом средних нагрузок».

В практике спорта мышечная сила человека характеризуется максимальным грузом, который может поднять индивидуум при выполнении различных физических упражнений (жим или рывок штанги и другие). Для сравнения мышечной силы у спортсменов её рассчитывают на килограмм массы тела. Этот принцип лежит в основе разработанных весовых категорий в тяжелой атлетике, борьбе, боксе и других видах спорта.

Факторы, определяющие мышечную силу. Современные методы комплексных научных исследований – ЭМГ, биопсия с последующей электронной микроскопией мышечных волокон, ультразвуковая локация – позволили выявить основные факторы, определяющие силу. Мышечная сила зависит от периферических и центральных факторов.

К периферическим факторам относятся длина мышцы, плечо рычага, площадь физиологического поперечника, соотношение быстрых и медленных двигательных единиц (ДЕ). Предварительно растянутая до определенной степени мышца сокращается сильнее и быстрее. У человека, лежащего на столе с опущенными вниз под прямым углом коленями, прямая мышца бедра растянута и показывает большую силу, чем у него же, сидящего в сильно согнутом положении. И. М. Сеченов писал: «Груз растягивает мышцу, как упругое тело, и усиливает развитие в ней сократительных сил». Растяжение на фоне деятельности антагонистов увеличивает степень напряжения в 2–3 раза.

К центральным факторам относятся механизмы управления деятельностью ДЕ. Они делятся на внутримышечные и межмышечные координации. Внутримышечная

координация определяет развитие силы в отдельной мышце, которая представляет совокупность ДЕ. Они имеют различные характеристики и включают неодинаковое число мышечных волокон. В мышцах, осуществляющих высоко координированную точную деятельность (движения глазных яблок), в состав ДЕ входит 4–6 волокон, а в координирующих более грубые двигательные акты (икроножной, четырехглавой бедра) – до сотен и тысяч. Поперечные сечения территорий, занятых одной ДЕ, в двуглавой мышце плеча по форме близки к кругу и имеют диаметр 4–6 мм, в других мышцах – 5–11 мм. Движения разной силы требуют участия определенного набора ДЕ. Сила сокращения тем больше, чем больше частота импульсации альфа-мотонейрона – основной рабочей характеристики, управляющей сокращением мышечных волокон. Слабое произвольное сокращение обеспечивается частотой импульсации нейрона 8–12 в одну секунду (верхняя граница – 40–50 и при коротких залпах она может достигать 100–140 в одну секунду). Спортивные движения, характеризующиеся большой мощностью, обеспечиваются активностью широкого набора ДЕ – низкопороговых и высокопороговых. Сила мышцы также зависит от количества активных ДЕ: чем их больше, тем она выше. Эффект рекрутирования заключается в увеличении числа работающих двигательных единиц (ДЕ). Механизм рекрутирования происходит в соответствии с «правилом размера». Синхронизация активности ДЕ до определенного уровня также приводит к повышению силы. Выраженная синхронизация ДЕ, выявляющаяся при развитии утомления, вызывает снижение мышечной силы.

Количество активных ДЕ, частота их импульсации, синхронизация обусловлены нисходящими влияниями различных уровней центральной иерархии (моторной, соматосенсорной коры) на моторный выход спинного мозга. Центральный уровень обеспечивает регуляцию возбудимости мышечных веретен посредством изменения частоты импульсации гамма-мотонейронов. Этот механизм позволяет изменять рефлекторную возбудимость альфа-мотонейронов спинного мозга и параметры силы, так как рефлекторная регуляция активного состояния мышцы функционирует на основе информации, поступающей от проприорецепторов, о силе, длине и других производных сокращения. Сложность механизмов регуляции мышечной силы подтверждает идею Н. А. Бернштейна о необходимости постоянной сенсорной коррекции движения, в частности, мышечного усилия. Введение биологической обратной связи этого параметра позволяет быстро и эффективно тренировать мышечную силу (В. С. Фарфель).

На силу, кроме внутримышечной координации, влияет межмышечная координация. Суть её состоит в координации деятельности отдельных мышц и мышечных групп. Она полностью зависит от активности и последовательности процессов, протекающих в ЦНС, определяет соотношение сократительной активности синергистов и антагонистов, последовательности возбуждения и сокращения заинтересованных мышц и мышечных групп. Чем тоньше и точнее эти соотношения, тем большую силу может проявить отдельная мышца, группа мышц, тем выше силовые параметры целостного движения. Межмышечная координация является важным компонентом двигательного навыка и спортивной техники.

Физиологические механизмы тренировки мышечной силы. Исходя из механизмов проявления мышечной силы, различают два основных пути её воспитания. Один из них заключается в увеличении мышечной массы посредством регулярных физических упражнений с отягощением. Развивающаяся рабочая гипертрофия возникает за счет утолщения мышечных волокон (миофибриллярный тип) или увеличения саркоплазмы (саркоплазматический тип). В отличие от рабочей, возрастная гипертрофия проявляется в период полового созревания, обусловлена повышением концентрации тестостерона и не зависит от уровня физических нагрузок.

В экспериментально доказано, что ритмическая электрическая стимуляция двигательного нерва, вызывающего сокращение мышцы, приводит к её гипертрофии через шесть часов. При длительных тренировках наблюдаются изменения в иннервации и кровоснабжении гипертрофированных мышц. Концевые веточки нервных волокон утолщаются, количество их умножается, развиваются дополнительные капилляры. При динамических нагрузках капилляры идут параллельно мышечным волокнам, при статических нагрузках они приобретают извилистый характер, оплетая волокна. Методом электронной микроскопии установлено, что при определенной степени гипертрофии некоторые мышечные волокна могут расщепляться в продольном направлении. В мышцах увеличиваются биоэнергетические запасы, повышается КрФ, гликоген (на 50–70 %), возрастает гликолитическая активность гексокиназы, фосфорилазы, альдолазы и других ферментов, повышается концентрация цитохромов, что создает оптимальные условия для ресинтеза АТФ.

Несмотря на улучшение иннервации, сосудистого обеспечения, повышения запасов КрФ, гликогена и ферментативной активности, гипертрофированная мышца выигрывает в силе и проигрывает в скорости. Причиной этого является относительное уменьшение поверхности мембраны мышечного волокна, через которую происходит обмен газов и другие веществ. При гипертрофии поверхность мембраны увеличивается в арифметической прогрессии, а внутреннеё содержимое волокна – в геометрической. В связи с этим не все точки саркоплазмы, находящиеся на разном расстоянии от поверхностной мембраны мышечного волокна, одинаково снабжаются кислородом и другими компонентами. Большую мышечную массу за счет тренировок с отягощениями среди спортсменов высших достижений имели Л. Жаботинский, В. Алексеёв, Н. Чижова, В. Брумель и другие.

Повышение мышечной силы в современном спорте реализуется, в основном, за счет совершенствования механизмов внутримышечной и межмышечной координации. В. С. Фарфель впервые показал, что повышение мышечной силы у мальчиков 11–12 лет происходит за счет тренировки ДЕ. Они получали задание под визуальным контролем произвести усилие в 50 % от максимального усилия на кистевом динамометре, затем упражнение повторяли несколько раз без зрительного контроля. Сила кисти у детей после соответствующих тренировок ДЕ повышалась на 30–40 %.

Произвольная сила всегда меньше силы, вызванной искусственно за счет электрического раздражения функциональных структур, её организующих. «Лимит» на силовые проявления является защитным феноменом, предотвращающим разрыв мышц, связок и других элементов опорно-двигательного аппарата. В то же время, дефицит силы может уменьшаться в условиях выраженного эмоционального возбуждения, в частности на соревнованиях высокого ранга.

Физиология физического качества – быстрота. Быстрота – способность человека совершать движения с максимальной скоростью и частотой. Быстрота – один из важнейших компонентов физических и спортивных упражнений. В комплексе с физическим качеством силы она обеспечивает мощность выполняемой работы. Атлеты, обладающие разным уровнем развития быстроты, при перемещении отягощения одинаковой массы на идентичное расстояние не способны проявить одинаковую мощность работы. Выигрывает во времени спортсмен, отличающийся более высоким качеством быстроты.

Различают три основные формы быстроты: латентное (скрытое) время двигательной реакции (ЛВДР), скорость отдельного (локального) движения, частоту движений и производную от этих характеристик – скорость передвижения в пространстве. Формы проявления быстроты тесно взаимосвязаны, сочетание их проявлений определяет в целом уровень развития быстроты.

Время рефлекса характеризует быстроту, с которой разыгрываются в ЦНС процессы, необходимые для его реализации. Оно складывается из отрезков времени для развития возбуждения в рецепторе, передачи возбуждения по афферентным путям в ЦНС, перехода его от одних центров к другим через синапсы, проведения импульса от ЦНС по эфферентным путям к мышце, возбуждения мышцы и её сокращения. Центральная задержка в синапсах зависит от функционального состояния ЦНС и определяет продолжительность реакции. Время световых и звуковых двигательных реакций колеблется в значительных пределах и зависит от характера раздражителей, их интенсивности, пола и возраста. Самая короткая реакция наблюдается на звуковой раздражитель, затем – электрокожный, самая продолжительная – на световой раздражитель. У молодых нетренированных время двигательной реакции колеблется в пределах 180–250 мс, у спортсменов – 150–160 мс. У лиц мужского пола ЛВДР в среднем короче, чем у женского пола. Время сложной двигательной реакции выбора значительно продолжительней.

Максимальная частота движений частей тела у разных лиц неодинакова. Её исследуют в теппинг-тесте не более чем в течение 10 секунд, так как большая продолжительность не исключает вмешательства утомления. Пересчет делают на минуту. Исследуют для проверки качества быстроты движения пальцем, кистью на телеграфном ключе, нижними конечностями при беге на месте при посредстве специальных приспособлений. У фехтовальщиков, боксеров движения правой кисти составляют 400–454 в минуту, правого бедра – 330–406, носка стопы – 300–321, пятки – 319–345 в минуту. При замедленной частоте движений кистью у одного и того же человека отмечается низкая частота движений других частей тела. У спортсменов, обладающих высокой частотой движений кистью, наблюдается большая частота движений ног. Быстрота проведения возбуждения в нервных центрах при частых ритмических импульсах, возникающих при движениях, зависит от биоэнергетического потенциала, набора активных ферментов в нейронах, количества и набора медиаторов в синаптических щелях.

Скорость одиночного движения зависит от его сложности, амплитуды и других особенностей. В скоростно-силовых видах спорта скорость движения имеет решающее значение (толкания, метания, удары, прыжки, бег). В некоторых видах спорта скорость достигает больших величин. В фехтовании она равна 2–3, в боксе 6–8 мс. Малая скорость сокращения проявляется при значительном сопротивлении движению, максимальная – при самом малом сопротивлении. При отталкивании в прыжке преодолевается значительное сопротивление в условиях выраженного мышечного напряжения. Высокие результаты (2,40–2,45 м – высота, 8,50–8,96 м – длина) во многом обеспечиваются скоростью сокращения разгибателей ног.

Ключевую роль в развитии качества быстроты играет ЦНС. В механизме этого качества принимают участие все её отделы, включая моторный выход спинного мозга с альфа-мотонейронами – связующим звеном между ЦНС и мышечной системой. Совокупность альфа-мотонейронов, иннервирующих определенную мышцу, составляет мотонейронный пул, функционирующий под влиянием команд из ЦНС. Постепенное включение в реализацию движения всё большего количества ДЕ повышает скорость и силу сокращения. В соответствии с «правилом размера» Ханнемана (1965) в начале организации моторного акта рекрутируются малые низкопороговые медленные, затем большие высокопороговые ДЕ. Если бы ЦНС использовала только принцип размера ДЕ, качество быстроты у человека было бы выражено крайне слабо. В этом случае увеличение скорости происходило бы вместе с нарастанием силы. Однако человек может совершать очень быстрые движения при развитии небольшой силы. Рекрутирование ДЕ может осуществляться также вне соответствия с правилом размера

по механизму активного «выбора» ЦНС нужных по функциональному значению альфа-мотонейронов и ДЕ в каждой определенной ситуации. При скоростных движениях малые и большие ДЕ могут активироваться частыми импульсами из ЦНС. Теоретически подтверждается положение Н. А. Бернштейна о неоднозначности реализации центральных двигательных команд. Физиологические механизмы феномена подтверждены в наблюдениях на человеке.

В механизм быстроты существенный вклад вносят разные по структуре, функциональным и биохимическим свойствам мышечные волокна. Типы волокон имеют весьма размытые границы. Мышечные волокна представляют единое множество, соответствующее постепенному переходу от анаэробного гликолиза к аэробному обмену. Классификация типов мышечных волокон и нервных проводников явилась основой для классификации ДЕ. Медленные двигательные единицы (ДЕ) характеризуются небольшим количеством мышечных волокон, обладают высокой возбудимостью, редкой частотой импульсации (16 имп/с), достаточной для тетануса, небольшой утомляемостью, аэробным обменом. Быстрые ДЕ имеют варианты – устойчивые к утомлению и быстрые быстро-утомляемые. Для них характерен анаэробный гликолиз, низкий уровень возбудимости, высокая частота импульсации (50 и более имп/с), которая вызывает тетанус. Между типами ДЕ и свойствами мышечных волокон имеется определенный параллелизм, медленные ДЕ связаны с медленными, быстрые – с быстрыми волокнами, хотя окончательно это не доказано.

Развитие качества быстроты на 80 % определяется индивидуальными генетическими особенностями (ЦНС, закладкой мышечных волокон). Закладка мышечных волокон передается по мужской линии. Обследование трех велосипедистов экстра-класса методом игольчатой биопсии с последующей электронной микроскопией и биохимическим анализом образцов мышц обнаружило у отца 60,5 % медленно сокращающихся (МС) волокон, у двух его сыновей-близнецов – 60,8 и 61 %. У однояйцовых близнецов состав мышечных волокон идентичен, профиль волокон у двуяйцовых близнецов отличается. Генетически определенный состав мышечных волокон незначительно изменяется от детского до среднего возраста. По мере старения количество быстросокращающихся (БС) мышечных волокон уменьшается. Это ведет к относительному увеличению процентного состава МС волокон.

Воспитание, тренировка качества быстроты крайне трудна. Практика мирового спорта выделила ряд уникальных спортсменов, имеющих неординарно высокий уровень быстроты. Одним из них явился спринтер Армен Хари (первый легкоатлет, пробежавший 100 метров ровно за 10 секунд), у которого время двигательной реакции на выстрел стартового пистолета составляло 90 мс. Судьи, имеющие более продолжительное время реакции (без использования электронных приборов), возвращали спортсмена за фальстарт.

Быстроту реакции можно несколько улучшить за счет обучения правильному распределению внимания, то есть вмешательству высших этажей ЦНС. При внимании, направленном на предстоящее движение (моторный тип реакции), время реагирования короче, чем при направленности его на сигнал (сенсорный тип реакции). Качество быстроты повышается при некотором напряжении мускулатуры, которое достигается за счет давления на стартовые колодки при низком старте.

Генетическая матрица морфологической и функциональной дифференцировки мышечных волокон предопределяет аспекты адаптации человека к будущей профессиональной, в том числе спортивной, деятельности. Иллюстрацией этого положения являются факты, касающиеся процентного содержания БС и МС мышечных волокон у спринтеров и стайеров. В икроножных мышцах спринтеров содержится до 85 % БС и 15 % МС волокон, в аналогичных мышцах у стайеров – 20 % БС и 80 % МС.

Приводятся другие современные сведения о чемпионах мира на марафонские дистанции в направлении еще большего (93–99 %) преобладания МС волокон.

В очень быстрых, выполняемых с высокой частотой моторных актах мышцы работают в крайних точках полной амплитуды движения. Определенной части тела сообщается кинетическая энергия, которая затем гасится мышцами – антагонистами, в связи, с чем участку тела придается ускорение в обратном направлении. В условиях большой скорости движений активность мышц настолько кратковременна, что они не успевают укорачиваться и фактически работают в изометрическом режиме. Чем больше скорость, тем ближе к изометрическому режиму функционируют мышцы. В быстрых и частых движениях рефлекторная импульсация ЦНС выражается в виде концентрированных «залпов» разрядов альфа-мотонейронов в ритме 150 импульсов в секунду. Для достижения максимальной быстроты движения существенное значение имеет последовательное включение в деятельность реализующих его мышечных групп. Развитие максимальной скорости сокращения возможно при условии доведения двигательного навыка до автоматизма.

В координационно-сложных движениях имеет место перенос качества быстроты. Улучшение результата в прыжках с места немедленно положительно сказывается на показателях в спринтерском беге, толкании ядра и других упражнениях, в которых большое значение имеет скорость разгибания ног. На скорости плавания, удара в боксе это совершенно не отражается.

Физиология выносливости. Выполнение в течение определенного времени физической работы приводит к утомлению, снижающему её эффективность, вплоть до полного отказа. Утомление при выполнении одного и того же упражнения у разных людей наступает через неодинаковое время. Причина состоит в разном уровне выносливости. Способность к длительному выполнению какой-либо деятельности без снижения эффективности называется выносливостью, то есть выносливость – это способность противостоять утомлению. Её мерой является время, в течение которого человек способен поддерживать заданную деятельность. Длительность работы находится в тесной связи с темпом и величиной нагрузки. При предельном темпе или большой нагрузке выносливость определяется секундами (спринт), при небольшом темпе или величине нагрузки – часами (ходьба в медленном темпе).

Различают общую и специальную выносливость. Общая представляет способность спортсмена выполнять продолжительное время работу аэробной мощности. Она тесно связана с развитием и функционированием сердечно-сосудистой и дыхательной систем, то есть с аэробными возможностями, и называется кардиореспираторной. Она не может обеспечить высокую работоспособность во всех видах спорта. Специальная выносливость – приобретается в связи с преобладанием в тренировочном процессе нагрузок определенной направленности и подразделяется на выносливость при скоростной, силовой работе и статических усилиях. Она связана с мышечной силой и анаэробными процессами. Это способность эффективно выполнять специфическую, характерную для избранного спортсменом вида спорта нагрузку без проявления утомления (прыгать, метать копье, диск при динамической работе, штангу на вытянутых руках в тяжелой атлетике).

В соответствии с выделением четырех типов утомления, выносливость дифференцируют на умственную, сенсорную, эмоциональную и физическую выносливость. В зависимости от объёма мышечной массы, принимающей участие в работе, её классифицируют на локальную (менее $^1/_3$), регионарную (от $^1/_3$ до $^2/_3$) и глобальную (свыше $^2/_3$) выносливость (В. М. Зациорский).

В спорте при значительном участии в работе большой мышечной массы проявляется глобальная выносливость. Такая работа требует выраженного расхода

энергии, высокого потребления кислорода. В этом случае работоспособность может ограничиваться недостаточным функционированием сердечно-сосудистой и дыхательной системы. Большая локальная выносливость индивидуума не всегда коррелирует с глобальной выносливостью. К примеру, возможность осуществить приседания на одной ноге не сочетается с отличным результатом на стайерских дистанциях. Глобальная выносливость характеризует мощность и ёмкость путей энергообеспечения работы, экономичность и эффективность использования функционального потенциала в соревновательной деятельности, специфичность приспособительных реакций и физиологических проявлений, устойчивость и вариабельность двигательных навыков и вегетативных функций. Отсюда следует, что она зависит от запасов АТФ, КрФ, гликогена, от аэробных, анаэробных возможностей, а также индивидуальных особенностей организма.

К физиологическим факторам, определяющим уровень выносливости, относятся:

– фактор функциональной мощности, определяющийся максимальной величиной аэробной или анаэробной производительности (МПК/кг, МКД);

– фактор функциональной экономизации.

Экономное расходование энергии более выносливым спортсменом связано с уменьшением участвующих в работе мышц по мере совершенствования спортивной техники, улучшением внутримышечной и межмышечной координации. Это приводит к снижению кислородного запроса. Сонастраивание физиологических функций соответственно требованиям нагрузки обеспечивает экономизацию в деятельности систем жизнеобеспечения, теплообмена, эндокринных желез. Повышается функциональная устойчивость вегетативных систем и способность организма преодолевать утомление на фоне измененного гомеостазиса. Сочетание высоких показателей функциональной мощности с меньшими затратами энергии на работу определяет результативный уровень выносливости. Победители в марафоне имеют более высокую температуру тела (40°) и большую потерю массы (5 кг) по сравнению со спортсменами, финишировавшими во второй десятке (39° и 3,5 кг).

Выносливость – на 80 % врожденное качество (доказано близнецовым методом). При воспитании общей выносливости средствами физической культуры и спорта в циклических видах спорта развивается экономизация функций организма спортсмена. Она проявляется в покое в снижении на 10 % величины основного обмена, АД, ЧСС ниже 60 в минуту и частоты дыхания до 10–14 в минуту.

При больших предельных нагрузках (на фоне выраженной экономизации функций в покое) спортсмены проявляют высокий уровень кардиореспираторной выносливости и других вегетативных функций. Спортсмен «выкладывается», обнаруживая большие резервы по сравнению с атлетами невысокой квалификации.

Кардиореспираторная выносливость является необходимой предпосылкой для развития специальной выносливости. При этом преследуются две задачи: первая – создать перспективы для перехода к более высоким тренировочным нагрузкам, вторая – вызвать эффект переноса выносливости на избранные формы спортивных упражнений. Общая выносливость оказывает косвенное влияние на спортивные результаты в спринтерских дистанциях (бег, велоспорт, плавание). Оно выражается в интенсификации процессов восстановления между упражнениями и увеличении на этой основе общего количества повторений на занятиях.

Специальная выносливость зависит от специфической подготовленности органов и систем организма спортсмена, от уровня физиологических и психологических возможностей. Особое значение имеет способность спортсмена

продолжать работу при ощущении наступающего утомления благодаря проявлению волевых качеств, сохраняя рациональность, экономичность, технику и тактику.

Основными видами мышечной выносливости являются скоростная, силовая, статическая выносливость.

Скоростная выносливость состоит в поддержании высокого темпа движений на коротких дистанциях. В коротком спринте обеспечивается отщеплением третьего фосфорного остатка от АТФ в анаэробных условиях, а также функциональной устойчивостью нервных центров и нервно-мышечного аппарата. В длинном спринте – отщеплением от АТФ третьего фосфорного остатка, устойчивостью к гипоксии и высокой ёмкостью буферных систем.

Силовая характеризуется способностью длительное время выполнять работу силового плана, повторять упражнения по поднятию туловища из положения лежа (без участия рук и ног). Мышечная выносливость увеличивается за счет прироста силы, изменения обмена веществ и кровообращения в мышцах. Количество повторений упражнений является мерой мышечной выносливости.

Статическая выносливость проявляется в непрерывном длительном поддержании мышечных усилий, например, в борьбе при попытке положить соперника на лопатки. Она тем выше, чем больше в мышцах тонических волокон и меньше малых ДЕ.

В процессе развития выносливости происходят морфологические, биохимические и физиологические изменения в организме. При тренировке аэробной выносливости у лиц, имеющих генетическую закладку с высоким процентом в работающих мышцах медленно-сокращающихся волокон, уменьшается количество быстро-сокращающихся – гликолитических волокон и увеличивается содержание быстро-сокращающихся – окислительных, более приспособленных к выполнению длительных упражнений на выносливость. Аэробная направленность тренировки вызывает рабочую гипертрофию мышц по саркоплазматическому типу: увеличивается количество, объем митохондрий (до 300 %), способность их усваивать кислород и синтезировать АТФ. За счет этого фактора и прироста объёма местного кровотока, связанного с выраженной капилляризацией, ускоряется утилизация мышцами кислорода, доставляемого кровью.

Развертывание аэробных процессов происходит постепенно и достигает максимума через 1,5–3 минут после начала интенсивной работы. При достаточных запасах глюкозы и жиров в организме и неограниченной возможности потребления кислорода из атмосферного воздуха аэробные источники обеспечивают энергией выполнение работы в течение длительного времени. Они являются путем энергообеспечения в велошоссе, плавании (800–1500 метров), беге (5000–10000 метров), марафоне (42195 метров), лыжных гонках, беге на коньках (5000–10000 метров). Комплекс аэробных и анаэробных источников обеспечивает выносливость при работе меньшей продолжительности (2–10 минут).

Вклад в механизмы выносливости вносят также функциональные системы дыхания и крови, ответственные за кислородное обеспечение тканей, снабжение их питательными началами и «отвоз» продуктов обмена. Повышенное содержание гемоглобина определяет высокий уровень выносливости. Механизм связан с достижением предельной величины кислородной ёмкости крови в условиях высокой концентрации гемоглобина, степенью насыщенности им каждого эритроцита, содержанием бета-глобулинов и других компонентов.

Тренировка выносливости вызывает изменение функций митохондрий, повышает способность их образовывать АТФ. Экспериментальное подтверждение трансформации митохондрий получено на животных. Тренировка выносливости в

течение 27 недель приводит у крыс к увеличению количества митохондрий (на 15 %) и их среднего размера (на 35 %). Запасов гликогена в тренированных мышцах значительно больше, чем в нетренированных мышцах. На фоне активизации аэробного метаболизма развивается «жировой сдвиг», позволяющий медленно расходовать мышечный гликоген, отодвигая момент его истощения и удлиняя продолжительность работы. Основой «жирового сдвига» является наличие в тренированных мышцах запасов триглицеридов и активных ферментов, обеспечивающих бета-окисление. В условиях аэробной выносливости возрастает способность образования энергии за счет использования жиров в механизме образования АТФ.

Перестройка в миокарде выражается в повышении его способности утилизировать молочную кислоту. Тренировка выносливости приводит к увеличению объёма циркулирующей крови за счет её жидкой части. Повышенный объем плазмы обусловливает снижение вязкости и увеличение CO_2 крови, а также интенсификацию ЧСС.

Путь к развитию общей выносливости лежит через утомление. Чтобы достичь достаточной степени утомления для её развития в упражнениях циклического характера, необходимо тренироваться в течение 2–3 часов и более. Развитию алактатных анаэробных возможностей способствуют упражнения продолжительностью не более 20–30 секунд. Решающую роль при этом играет интенсивность, продолжительность работы, характер пауз и количество повторений упражнений. Организм постепенно адаптируется к нагрузкам за счет повышения выносливости. Характер утомления и последующего отдыха определяет скорость восстановительных процессов. Многократные переходы от упражнений высокой интенсивности к более низкой интенсивности увеличивают аэробный компонент работы. Повышение числа повторений длительно поддерживает высокий уровень деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В анаэробных условиях увеличение повторений приводит к лимитированию кислородных механизмов.

Гибкость. Морфо-функциональные свойства двигательного аппарата, определяющие амплитуду различных движений, называют гибкостью. Это физическое качество оценивается по суммарной подвижности в суставах тела, включая позвоночник. Его низкий уровень не позволяет человеку быстро осваивать двигательные навыки, затрудняет развитие и проявление физических качеств силы, быстроты, делает работу неэкономичной, может быть причиной повреждения опорно-двигательного аппарата (мышц, связок). Достаточное развитие гибкости на базе большой амплитуды движений в суставах обеспечивает эффективное развитие силы, так как позволяет полностью использовать эластические свойства мышц, механизмы внутримышечной и межмышечной координации. Высокий уровень гибкости вносит существенный вклад в механизмы интегрального физического качества – ловкости.

Гибкость – врожденное качество, зависящее от анатомических особенностей суставов, физико-химического состояния их поверхностей, эластичности связочного аппарата, мышц, кровоснабжения.

Гибкость дифференцируют на активную и пассивную гибкость. Активная гибкость характеризуется способностью выполнять движение с большой амплитудой за счет мышечной активности тех групп, которые окружают сустав. Пассивная гибкость искусственно выявляется при приложении внешней силы, для диагностики подвижности в суставе. Пассивная гибкость выше, чем активная, хотя оба вида не коррелируют между собой. Иногда при хорошей пассивной гибкости имеет место слабый уровень активной. Биомеханическая структура физических упражнений влияет на специфику гибкости. К примеру, гребцам необходимо иметь высокую подвижность

позвоночника, плечевых и тазобедренных суставов, пловцам – плечевых и голеностопных, лыжникам – плечевых, тазобедренных, коленных и голеностопных.

При выполнении обычных движений человек использует небольшую часть предельно возможной гибкости. Спортивная деятельность в разных видах предъявляет высокие требования к суставной подвижности. При выполнении отдельных элементов спортивной техники подвижность в суставах может достигать 85–95 % анатомической. Ограничителем её является строение сустава. Напряжение мышц-антагонистов ограничивает гибкость. Оптимальное сочетание сокращения мышц, осуществляющих движение, с расслаблением растягиваемых мышц способствует адекватному проявлению гибкости.

Гибкость у женщин выше, чем у мужчин. Отмечаются суточные колебания гибкости: наименьшие её величины фиксируются утром после сна, наибольшие – днем. К вечеру гибкость постепенно снижается. С возрастом в связи с изменением всех видов обмена, особенно жирового и водно-солевого, снижением эластичности мышц, связок, активности ЦНС и гормонального звена качество гибкости ухудшается.

Уменьшение степени гибкости связано с процессом склероза, развивающимся в организме на протяжении онтогенеза. По современным данным науки, склероз у некоторых лиц может развиваться с четырёх лет. С учетом этого необходимо в системе дошкольного и школьного физического воспитания использовать средства, направленные на поддержание и совершенствование гибкости. Наибольшая подвижность в суставах наблюдается у детей 10–12 лет. Работа над развитием гибкости в эти годы оказывается в два раза более эффективной, чем в другом возрасте. Специальная разминка, различные виды массажа, согревающие процедуры приводят к существенному увеличению гибкости.

Существуют дети, выделяющиеся высочайшей выраженностью гибкости. Обычно такие дети «раскладываются» на спине в позе лягушки, имеют очень большую амплитуду движения во всех суставах, в позвоночнике. В связи с хорошей гибкостью они привлекают профессиональный интерес работников физической культуры и тренеров по различным видам гимнастики, акробатики. Однако выбор их оказывается ошибочным, так как через некоторое время гибкие дети постепенно начинают закрепощаться, у них появляются вегетативные расстройства, повышается АД, не отмечается прогресса в физической подготовленности. Супервысокая гибкость может зависеть и от генетической слабости соединительной ткани.

Физическое качество гибкости обусловлено врожденными анатомическими, биохимическими и функциональными особенностями организма. Оно подлежит развитию под влиянием средств физического воспитания, в результате чего создается «запас гибкости». У больших спортсменов это двигательное качество удерживается на достаточном уровне в старшем возрасте, чем у лиц, не занимающихся спортом. Связь уровня гибкости с обменными процессами позволяет полагать, что одним из механизмов её регуляции является трофическое влияние нервной системы. Различия в уровне гибкости у мужчин и женщин свидетельствует о заинтересованности в её развитии и поддержании гормональных механизмов, также воздействующих на интимные стороны обмена. Это подтверждается колебаниями величины гибкости у женщин в различные периоды менструального цикла.

Некоторые специалисты по физическому воспитанию не склонны относить гибкость к двигательным качествам человека и рассматривают её как генетически переформированный феномен, связанный с особенностями морфологии сухожилий, суставов, связок и других компонентов опорно-двигательного аппарата. Однако этот вопрос является достаточно сложным и требует дальнейшего изучения.

Ловкость. Ловкость является сложным интегральным качеством, объединяющим силу, быстроту, выносливость и гибкость. Ловкость имеет большое значение в жизни человека. С каждым годом в связи с расширением сфер трудовой и спортивной деятельности, наличием в окружающей среде факторов риска по причинам интенсификации и информатизации производства, появлением новых видов спорта, усложнением спортивной техники цена ловкости в процессе адаптации человека возрастает.

Экспериментальное исследование ловкости проводилось в лаборатории В. С. Фарфеля. Изыскивались объективные критерии для оценки этого качества. Выявлены параметры, позволившие точнее определить понятие ловкости и оценить степень её развития. Ловкость характеризуется точностью, быстротой движений и способностью быстро и правильно решать внезапно возникшую двигательную задачу (в играх, единоборствах). Основными измерителями ловкости являются пространство и время. Ловкие движения, филигранные по пространственной точности и координации, укладываются в определенные временные рамки. Пространственная и временная точность движений, их сочетанность проявляются в стандартных и переменных условиях. К примеру, чтобы сравнить уровень ловкости у двух гандболистов, необходимо измерить точность попадания мяча и скорость, с которой он летел в заданный угол ворот. Двигательные акты в быту и спорте условно разделяются на относительно стереотипные и нестереотипные двигательные акты. К первым относится бег, метания, прыжки и другие, ко вторым – движения в спортивных играх, единоборствах, кроссе по пересеченной местности.

В стереотипных движениях ловкость характеризуется временем обучения их выполнять. Человека, способного «с ходу» выполнять новые для него движения, считают ловким, по сравнению с человеком, затрачивающим на их разучивание больше времени. В нестереотипных движениях также многое зависит от времени между сигналом к действию и началом его выполнения.

Если обобщить вышеизложенное, ловкость является двигательным качеством, обусловливающим точное выполнение сложных координированных актов, быстрое переключение на выполнение менее сложных, но других по структуре и характеру движений. При изменении ситуации она проявляется в творчестве (создании) новых вариантов моторных актов, на основе ранее приобретенных двигательных навыков.

Ловкость отождествляют с координационными способностями человека «...быстро, целесообразно, экономно и находчиво (наиболее совершенно) решать двигательные задачи, особенно сложные и возникающие неожиданно» (В. Н. Платонов). Степень соответствия двигательных действий окружающей обстановке отражает уровень развития ловкости (Н. А. Бернштейн).

Ловкий человек быстро овладевает новыми движениями, быстро перестраивает двигательную деятельность при изменении условий. Ловкость проявляется в целесообразном выборе двигательных действий из арсенала освоенных навыков, их оптимальном увязывании между собой. В её основе лежат свойства пластичности и подвижности нервных процессов корковых клеток, механизмы экстраполяции. Последняя состоит в возможности осуществления новых координационных актов на базе ранее освоенных программ различных родственных по характеру моторных актов. Высокая подвижность нервных процессов обусловливает быстрое переключение реакций и создает условия для проявления их новых сочетаний на основе накопленного опыта.

Условно различают три ступени ловкости. Первая характеризуется пространственной точностью и координированностью движений, измеряется мерами пространства. Скорость выполнения движения на этой ступени не имеет значения.

Первая ступень выявляется при выполнении стандартного пространственного точного движения, независимо от времени реализации. Она определяется следующим образом: исследуемый спортсмен стоит напротив (прямо, справа, слева) расчерченного на квадраты щита, размером с гандбольные ворота. Экспериментатор называет номер квадрата, в который нужно попасть мячом. Броски делают с места, стоя или в прыжке. Попадание замеряют с точностью до сантиметра. Точность сложных координационных движений зависит от совершенства мышечных ощущений и слаженной деятельности других сенсорных систем (зрительной, слуховой).

Вторая ступень ловкости характеризуется пространственной точностью и координацией при максимальной быстроте движений, то есть пространственные измерения ловкости сочетаются с временными параметрами. Допустим, два человека проявляют одинаковую пространственную точность и координированность в медленных упражнениях. Усложнение задачи новым требованием срочности действия приводит к тому, что более ловкий спортсмен выполнит движение безошибочно в более короткий отрезок времени. Вторая ступень ловкости необходима атлетам во многих видах спорта. Она измеряется с использованием щита, в углубления которого помещены электрические лампочки. Экспериментатор с пульта управления включает одну лампочку и связанный с ней секундомер. Загоревшаяся лампочка сигнализирует, что этот участок ворот не защищен и спортсмен может послать в него мяч. Когда он делает бросок, укрепленный на руке датчик, размыкает цепь и останавливает электросекундомер. Точность броска учитывается аналогично определению первой ступени ловкости. Сравнение первой и второй ступеней ловкости позволяет обозначить первую, как ловкость в точности, вторую – как ловкость в точности и быстроте. Вторая ступень ловкости не доступна детям младших возрастов. Для приобретения второй ступени ловкости необходим более высокий уровень развития двигательного анализатора.

Третья ступень ловкости (высшая) проявляется в переменных условиях. Спортсмен, обладающий высшей ступенью ловкости, безошибочно, точно, быстро совершает отдельные движения и выбирает из имеющихся у него в арсенале моторных навыков тот, который детерминирован ситуацией. Параметр изменчивости условий, в которых производится движение, является основным. Измерителем ловкости в этих условиях является наименьшее время, которое необходимо для нахождения и точного выполнения нужного действия при внезапной смене ситуации. Третья ступень ловкости исследуется в условиях наиболее приближенных к изменяющейся ситуации. Система датчиков на руке исследуемого автоматически включает лампочку на щите и одновременно электросекундомер в момент подготовки к броску при получении мяча. Однако пока исследуемый спортсмен готовится к броску, ситуация в воротах изменяется, лампочка гаснет, взамен зажигается другая. В этой ситуации измеряется не просто время реагирования на ожидаемый сигнал, а время сложной реакции на сигнал при внезапно изменяющихся условиях.

Во многих, особенно в ситуационных, видах спорта переплетаются все ступени ловкости. К примеру, баскетболисту требуется попасть мячом в кольцо в штрафном броске с определенного расстояния с произвольной скоростью. Это требование первой ступени ловкости. В игре баскетболисту нужно уметь очень быстро послать мяч в корзину, чтобы его не перехватил соперник. Это требование ко второй ступени. В ходе игры перед баскетболистом возникают разные двигательные задачи, он должен каждый раз принимать правильное решение. В любой момент игры требуется действовать точно, быстро и правильно решить – передать ли мяч партнеру, пробиться к кольцу самому или совершить бросок с дистанции.

С физиологической точки зрения расклад сложившейся ситуации состоит в переменных условиях действия высших раздражителей, наличии у спортсмена множества двигательных навыков – стереотипов, приобретенных при обучении и тренировках, соответствии каждому стереотипу определенной системы раздражителей (ситуаций) в игре. Обладая высшей ступенью ловкости, спортсмен максимально быстро извлекает из готового багажа движений те, которые соответствуют данному моменту. Каждая высокая ступень ловкости включает более низкие ступени и тренируется на базе последних ступеней ловкости. Ловкость в большой мере зависит от деятельности сенсорных систем, в основном двигательной: чем совершенней способность человека к точному анализу движений, тем выше его способности к обучению моторным навыкам.

Экстраполяция проявляется в творчестве новых движений в различных видах спорта. Спортсмены разной квалификации от третьего разряда до мастеров спорта отличаются разной степенью экстраполяции. Это объясняется их неодинаковой двигательной культурой, уровень которой определяется арсеналом приобретенных двигательных навыков в кладовых памяти. К кладовым памяти относят гиппокамп, лимбическую систему головного мозга и, по современным представлениям, корковые клетки.

Основным методом развития ловкости является обучение разнообразным двигательным навыкам. Обогащение человека новыми двигательными актами – необходимое условие для адекватной адаптации человека к трудовой и спортивной деятельности. При перерыве в обучении в течение длительного времени способность к формированию новых моторных актов снижается. «Тренировать ловкость – значит, тренировать тренируемость» (Л. А. Орбели). Иными словами, чем выше ловкость, тем быстрее рост результатов. Л. А. Орбели считал, что для развития ловкости не всегда оправдано придерживаться педагогического правила «от простого действия к сложному действию». Можно использовать метод обучения целостному движению. При обучении движению, направленному на развитие ловкости, наступает быстрое утомление. По этой причине после каждого упражнения необходимо использовать достаточно продолжительные интервалы отдыха.

В практике спорта, особенно на начальном этапе тренировок, одновременно развиваются все физические качества, реже – одно из них. Существует вариант отрицательной взаимосвязи, когда при развитии определенного качества ухудшаются другие. Это имеет морфологическое и физиологическое обоснование. Морфологическая перестройка и изменение химизма мышц в первом периоде тренировки положительно влияют на физические качества. Тренировка в одних видах физических упражнений подготавливает организм для проявления двигательных качеств и в других видах спорта.

Параллельно с тренировкой физических качеств тренируются системы жизнеобеспечения. На последующих периодах тренировки появляются биохимические и физиологические различия при работе на скорость, силу, выносливость и ловкость. Адаптационные изменения способствуют эффективному проявлению спортивной техники (В. С. Фарфель, Н. Н. Яковлев).

Физические качества необходимо тренировать в единстве с двигательными навыками. В спринте главным является воспитание быстроты, которое достигается тренировкой в беге. Параллельно с быстротой на тренировках развивается сила и выносливость. Физические качества, приобретаемые в смежных видах спорта, позволяют спортсмену проявлять большую работоспособность в любом виде моторной деятельности по сравнению с не занимающимися спортом людьми

Глава XIII. ПОЗЫ И ЛОКОМОЦИИ В ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Двигательная деятельность человека реализуется в виде разнообразных поз и локомоций. В практике спорта позная и локомоторная активность играет ведущую роль в достижении спортивного результата. Спортивная техника, в основе которой лежат оптимальные и рациональные формы положения тела в пространстве и его передвижения, требует целенаправленного обучения, которое строится на знании физиологических закономерностей их построения и регуляции.

Поза – сложный рефлекторный акт, который формируется у человека как результат противодействия силам гравитации. Позная активность направлена на поддержание устойчивого положения тела, отдельных его звеньев при перемещении других. Она сохраняет в определенном положении суставы, на которые действуют моменты силы тяжести тела. Голова удерживается от свисания, голеностопные суставы – от тыльного сгибания и другие. Спектр позы широк в связи с разнообразием форм профессиональной деятельности, в том числе спортивной. Поза реализуется в наземных условиях, в водной среде, в воздушном пространстве и космосе. Она представляет высоко автоматизированный двигательный навык и формируется к концу первого года жизни. Совершенствование позных механизмов продолжается по мере приобретаемого двигательного опыта в быту, производстве и спортивной деятельности.

У *человека можно выделить позную и фазную двигательную активность.* Для позной активности характерна небольшая сила сокращения и изометрический режим работы мышц, преимущественно медленных двигательные единицы (ДЕ). В фазной активности проявляются следующие друг за другом сокращения и расслабления мышц в ауксотоническом режиме. Они тесно взаимосвязаны между собой: фазная активность осуществляется на фоне позной, позная содержит определенные фазные компоненты. В современном обществе в связи с развитием гиподинамии позная активность преобладает над фазной двигательной активностью. Особенности позной активности состоят в том, что в её поддержании участвует большое количество мышц, в основном медленных ДЕ. Поза – динамический процесс, постуральная активность постоянно согласуется с движениями, имеет много степеней свободы. Движение рукой в положении стоя вызывает смещение общего центра масс (ОЦМ). Подготовительные изменения в мышцах ног в связи с этим являются обязательным компонентом трансформации позной активности, упреждающей потерю равновесия. Они возникают раньше, чем сокращается заинтересованная в движении мышца. Латентный период ЭМГ в мышцах ног при подготовительных изменениях короче (80 мс), чем при произвольном движении (108 мс). Обязательный позный компонент движения не коррелирует с величиной нагрузки.

Характеристика позы связана с представлением о гравитационной линии – вертикали, проходящей через ОЦМ тела. Если бы вертикаль проходила через центр массы (ЦМ) каждого сустава, соединяющего костные сегменты скелета, то равновесие тела могло быть реализовано без вмешательства физиологических механизмов. Однако ЦМ отдельных частей тела не проецируется на плоскость опоры суставов, а проекция ОЦМ тела лежит на линии, соединяющей передние концы стоп. Для поддержания прямого стояния необходимо, чтобы перпендикуляр, опущенный из ОЦМ тела, проецировался на плоскость, ограниченную площадью обеих стоп. ОЦМ располагается на расстоянии от пола, равном приблизительно 55 % роста человека, и соответствует телу первого крестцового позвонка. Гравитационная линия в позе стоя проходит на 2–3 см кпереди от позиции голеностопных суставов.

ОЦМ тела человека является некоторой сферой, в которой перемещается. При спокойном стоянии размер сферы колеблется от 5 до 25 мм, варьируя при изменении условий поддержания позы. Миграция ОЦМ во фронтальной и сагиттальной плоскости обусловлена перераспределением тонуса мышц, колебаниями тела, связанными с процессами дыхания, кровообращения, пищеварения (В. С. Гурфинкель). Устойчивость тела человека определяется также площадью опоры и углом устойчивости. Площадь опоры включает площадь опорных поверхностей тела и величину пространства, заключенного между ними. Равновесие сохраняется при прохождении вертикали, опущенной из ОЦМ, внутри площади опоры. Несоблюдение этого условия приводит к опрокидыванию твердого тела. Применительно к телу человека, Д. Д. Донской и В. М. Зациорский выделяют несколько степеней градации площади опоры:

1. Зона эффективной опоры – при расположении ОЦМ в любом её месте человек может сохранять заданное положение. Этот параметр меньше, чем абсолютная площадь поверхности опоры.

2. Зона оптимального положения ОЦМ находится внутри зоны эффективной опоры. В её пределах наблюдается наилучшее сохранение положения. При колебании ОЦМ больше оптимальной зоны устойчивость еще достаточная, однако, требует более значительных усилий для реализации.

3. Зона восстановления положения – поддержание статического равновесия невозможно, но человек способен вернуться в заданное положение за счет активных действий.

Коррекция положения ОЦМ в живых системах происходит активно, за счет уравновешивающих сил тяги мышц. Размеры зон опоры индивидуальны и зависят от уровня развития физических качеств, двигательных навыков, физического и эмоционального состояния исследуемого. В настоящее время выделяют интегральный параметр – угол устойчивости, количественно характеризующий степень устойчивости тела. Это угол между вертикалью ОЦМ и касательной, проведенной к любому краю площади опоры. Он прямо пропорционален степени устойчивости и является динамическим показателем качества равновесия. Сумма двух углов в одной плоскости называется углом равновесия и характеризует надежность сохранения позы в данной плоскости.

Классификация поз. Позы делятся на простые и сложные позы. К простым позам относятся лежание, сидение и стояние. Поза поддерживается за счет тонического напряжения мышц и требует определенных энергетических затрат. Поза лежания на боку, подобная занимаемой плодом в утробе матери, характеризуется минимальными энергетическими затратами в связи с полным расслаблением разгибателей и минимальным напряжением сгибателей, проявляющимся в виде их небольшой биоэлектрической активности. Поза лежания с вытянутыми конечностями имеет большую энергетическую стоимость в связи с участием в её поддержании разгибателей туловища, рук и ног. Напряжение разгибателей возникает в ответ на растяжение мышц сгибателей. При переходе от позы лежания в позу прямого стояния газообмен увеличивается на 22 %. При её поддержании включаются антигравитационные механизмы, реализация которых связана с сокращением медленных тонических волокон скелетных мышц в изометрическом режиме с частотой от 5–6 до 12–14 в секунду (на примере прямой мышцы бедра).

Среди сложных существует бесчисленное разнообразие спортивных поз, требующих специального обучения. Особенно сложные позы характерны для гимнастики, что связано с поддержанием равновесия при весьма неустойчивом положении тела. Более устойчиво оно при висах, когда ОЦМ находится ниже опоры, менее устойчиво – при упорах, когда ОЦМ расположен значительно выше. При упорах

необходимо выраженное напряжение мышц плечевого пояса. Стойка на руках в связи с необычным положением головой вниз связана с торможением выпрямительных рефлексов. Позы разной сложности требуют неодинакового времени обучения. Малая опорная поверхность при стойке на руках, относительная слабость мышц рук, высокое положение ОЦМ обусловливают длительный период обучения для овладения этой позой.

Различают пассивные и активные позы. Пассивные связаны с различной ориентацией тела в гравитационном поле (вертикальное положение – головой вверх вниз; горизонтальное – на спине, животе, правом, левом боку) или пассивным положением тела. Элементарные активные позы – с поддержанием звеньев тела в активном положении. Комплексные активные позы – при разных уровнях опоры на верхние конечности (висы, упоры, стойки, мосты). Специфические позы для определенных видов спорта (велосипедиста, конькобежца, борца, тяжелоатлета, гимнаста, баскетболиста). При различной ориентации тела в пространстве позная активность создает специфические биомеханические условия для аппарата кровообращения, дыхания и других систем. Минутное потребление кислорода при поддержании таких поз зависит от активности скелетных мышц, при поддержании пассивных поз – от активности дыхательной мускулатуры.

Электромиографическое исследование позы основной стойки В. С. Гурфинкелем и другими в сочетании с регистрацией суставных углов и динамики ОЦМ методом стабилографии показало, что в её поддержании заинтересовано большое количество мышц. Постоянная ЭМГ проявляется в прямой мышце живота, большой ягодичной, двуглавой бедра, перемежающаяся – в трехглавой мышце голени, передней большеберцовой и в некоторых других. При поддержании ортоградной позы ЭМГ составляет от 10 до 100 мкВ. Электромиографическая характеристика этой позы индивидуальна. При прямом стоянии величина электрической активности мышц варьирует в зависимости от величины непредельных отягощений. Поза отличается асимметричностью, что выражается в смещении ОЦМ от сагиттальной плоскости вправо или влево. Электромиографический рисунок позы зависит от продолжительности стояния, утомления, эмоционального состояния человека. Изменения ЭМГ проявляются на 3–4 минуте от начала стояния.

Нейрофизиологические механизмы поддержания позы. В процессе поддержания позы возникает динамическое равновесие, характер которого определяется механическими факторами и функциональной активностью систем, обеспечивающих регуляцию (Ю. М. Уфлянд). Коррекцию позы осуществляют вестибулярный и зрительный анализаторы, мышечная, суставная и тактильная рецепция. В комплексе они часто дают избыточную информацию, в отдельности различаются по тонкости, диапазону чувствительности и восприятия. Длительное время считалось, что основным механизмом в поддержании позы является рефлекс на растяжение (стреч-рефлекс, Ч. Шеррингтон) и суставная афферентация от механорецепторов, активируемых движениями в голеностопном суставе. Использование подвижной платформы у человека с качанием в диапазоне 2–4° показало, что трансформация позной активности связана с изменением длины мышц, окружающих голеностопные суставы. Устойчивость позы определяется динамикой стреч-рефлекса и набором блоков супраспинальных воздействий на него. Однако появление ЭМГ не всегда связано с растяжением мышц, поэтому утверждать преимущественное значение стреч-рефлекса в регуляции позной устойчивости трудно.

В настоящее время доказано, что основным объектом регулирования при поддержании вертикальной позы является корпус, информация о положении которого обеспечивается проприорецепторным аппаратом мышц поясничного отдела

позвоночника и стоп (В. С. Гурфинкель). В естественных условиях зрительный анализатор обеспечивает значительную часть информации при формировании позы человека. При зрительной депривации увеличивается дисперсия колебаний тела, скорость движения и площадь перемещения ОЦМ. Вестибулярные рецепторы в преддверии и ампулах полукружных каналов чувствительны к линейным и угловым ускорениям. Они одинаково реагируют на ускорение в одном и замедление в другом (противоположном) направлении, на линейные ускорения, наклон головы и не реагируют на движения с постоянной скоростью. При поддержании ортоградной позы вестибулярные влияния выражены слабо. Применение биологической обратной связи улучшает качество управления системой стабилизации положения тела в пространстве. Позные реакции человека регулируются взаимным влиянием различных сенсорных модальностей, однако ни один из известных механизмов регуляции вертикальной позы нельзя считать основным. Решающим фактором нарушения позы является рассогласование сложившихся ранее взаимодействий афферентных влияний.

Для оценки позной активности в научных исследованиях и в практике спорта используется метод стабилографии. Компьютерные стабилографы позволяют быстро и точно определять характеристики позы. Они применяются при проведении профотборов, в спортивной практике, медицине. Функция равновесия в период восходящего онтогенеза совершенствуется. При старении возможно снижение статического и динамического равновесия. Стимуляция в ходе тренировок сдерживает естественные процессы, связанные со старением, предотвращая моторный регресс. Комплексные исследования стабилографических и электроэнцефалографических показателей выявили, что при регулярных занятиях спортом повышение позной устойчивости в возрасте 4–24 лет происходит за счет совершенствования корковых механизмов (А. Б. Трембач). Статическая устойчивость лучше поддается тренировке, чем динамическая. Точность поддержания позы зависит от фазы тренировочного цикла. У спортсменов по мере роста спортивного мастерства увеличивается время сохранения устойчивости в специфической позе, снижаются максимальная и средняя амплитуды колебаний ОЦМ, повышается их частота.

Общебиологическое значение позной активности состоит в обеспечении расчета расстояния предметов от тела и системы отсчета схемы тела для проекции его частей на окружающее пространство, обеспечивая адекватное восприятие пространственных координат. Кинематическая и динамическая схемы тела формируются в ЦНС с возрастом в связи с динамикой длины мышц и сочленений в суставах. К семи годам за счет фантомных ощущений формируется схема тела и взаимосвязь всех его частей.

В формировании позы человека существенную роль играют структуры подкорковых центров, ствола, спинного мозга. При этом ведущую роль играют моторные, соматосенсорные и нижнетеменные зоны, являющиеся морфофункциональной основой системы внутреннего представления относительно собственного тела и координат экстраперсонального пространства. Функции ЦНС, направленные на сохранение положения тела (позы), отличаются высокой надежностью за счет координированной деятельности большого количества центров на основе принципа распределенной системы. Оптимальная поза определяет эффективность локомоторного акта.

Общая характеристика локомоций. Локомоция – двигательный акт, обеспечивающий перемещение тела в пространстве, характеризуется угловыми перемещениями сегментов тела за счет фазной активности скелетных мышц в ауксотоническом режиме. К локомоциям относят ходьбу, бег, прыжки, плавание, лазание, ползание и другие виды перемещений. Локомоциям свойственны

индивидуальные особенности, определяющиеся в походке по виду следовой дорожки – ихнограмме.

При осуществлении локомоций кости играют роль рычагов. Локтевые, плечевые и коленные сочленения в основе содержат рычаги третьего рода. Точка приложения силы (место прикрепления мышцы) находится в середине – между точкой опоры (суставом) и местом приложения преодолеваемого сопротивления. Для преодоления сопротивления в этих суставах требуется большая сила. В рычагах второго рода сопротивление действует между точкой опоры и местом прикрепления мышцы. Эта ситуация характерна при стоянии человека на носках, где точкой опоры являются конечные сочленения стопы, точкой приложения силы – ахиллово сухожилие, преодолеваемым сопротивлением – тяжесть всего тела, передающаяся на стопу через большую берцовую кость. В атланто-окципитальном сочленении, в тазобедренном и голеностопном суставе имеют место рычаги первого рода. Рычаги опоры находятся между точками приложения сопротивления и приложения силы. В этом случае сохраняется равновесие головы. При осуществлении локомоций преодолевается сила тяжести отдельных элементов и всего тела, сопротивление среды, в которой они происходят, вязкость мышц, сила трения в суставах, сила инерции тела. У человека естественными локомоциями являются циклические движения в виде ходьбы и бега, заложенные в наследственном фонде. Для реализации генетической программы локомоций необходима определенная степень зрелости сенсорных систем, опорно-двигательного, периферического нервно-мышечного аппарата, центральных нервных структур (миелинизация, формирование синапсов, дифференцировка третичных зон коры мозга).

Локомоций человека характеризуются периодичностью, с которой через относительно равные отрезки времени определяется сходные положения тела. Наименьшее время между повторениями одинаковых положений называется временем цикла. Каждая конечность в циклическом движении опирается на поверхность или переносится на новое место опоры. Опорная нога динамике ходьбы становится перемещающейся. При опоре туловища на одну ногу другая заносится вперед и касается земли сначала пяткой, затем всей подошвой, и опора перемещается на эту конечность. Нога, ранее бывшая опорной, отделяется от земли, касаясь её кончиком ступни. Выпрямляясь, она толкает тело вперед и заносится в слегка согнутом положении в том же направлении, чтобы в следующий момент стать опорной. При ходьбе определенный отрезок времени с опорой соприкасаются обе конечности (время двойной опоры). Поэтому время опоры превышает время переноса. При беге время переноса превышает время опоры. Опорная нога резко отделяется от земли за счет выраженного разгибания в момент, когда перемещающаяся нога еще не стала опорной, что обеспечивает фазу полета. По мере повышения скорости перемещения темп движения и длина шагов возрастают. В основе этого лежит перестройка в ритмической структуре движений, проявляющаяся в увеличении концентрации усилий в рабочих фазах. Равновесие тела в динамике ходьбы и бега поддерживается за счет рефлексов положения и выпрямления, приспосабливающих позно-тоническую активность к определенным фазам движения. При цикличности повторений, во временной структуре локомоций имеется определенная вариативность, связанная с управляющими функциями ЦНС. Величина, обратная времени одиночного шага, определяет темп или частоту локомоций. Темп ходьбы колеблется в пределах 40–230, обычная ходьба – в пределах 80–150 шагов в минуту. Темп бега выше – до 300 и более шагов.

При локомоциях возникающие у человека силы реакции на опору равны и противоположны аэродинамическому сопротивлению. В течение опорного времени тело получает импульс, обеспечивающий продвижение вперед. Опорная реакция имеет

два максимума – первый, передний толчок, удерживает тело от падения вперед, второй возникает перед началом переноса. Момент сил при этом препятствует развороту стопы наружу (Н. А. Бернштейн). Компоненты силы опорной реакции при локомоциях тесно связаны с движением ОЦМ. При ходьбе ОЦМ тела попеременно приходится над одной, затем над другой ступнями. Между частотой и длиной шага при ходьбе существует относительно прямая зависимость. Длина шага при беге увеличивается меньше, чем темп. Средняя скорость, передвижения человека составляет 1,3–1,6 м/с. Это соответствует наиболее энергетически экономной работе. Физические возможности организма позволяют достигать максимальной скорости – 10–12 м/с. Известно, что наибольшую скорость развивают бегуны на короткие дистанции. В процессе стартового разгона, на первых тридцати-сорока метрах, этот показатель может достигать 11 м/с, и далее, на всём протяжении дистанции, спортсмен бежит примерно с той же скоростью.

При ходьбе в обычном темпе ЭМГ наблюдается при опоре, особенно в период переднего толчка и непосредственно перед ним, в период заднего толчка, а также в начальной фазе переноса. При переносе ЭМГ проявляется в передней большеберцовой и длинной малоберцовой мышцах, обеспечивающих прохождение стопы над опорой. Активность участвующих в локомоции мышц кратковременна и носит баллистический характер. Режим их сокращения близок к изометрическому режиму, движения в этих условиях происходят за счет инерции и отличаются динамической устойчивостью. В мышцах туловища наблюдается непрерывная антигравтационная активность (В. С. Гурфинкель). С увеличением темпа локомоций время и величина ЭМГ возрастают, однако расположение периодов активности по фазам шага сохраняется.

Младенец рождается с ограниченным количеством движений. Его основное моторное богатство закладывается в первые два года. При обучении у ребенка возникают сложные движения. В динамике их становления часто подавляются врожденные спинальные рефлексы (при выполнении шпагата подавляется рефлекс на растяжение). С возрастом изменяются характеристики локомоторной функции. Онтогенез элементов биодинамики делится на два этапа. Первый – от рождения до конца второго десятилетия, второй – с третьего десятилетия до конца жизни. Первый этап отличается неравномерным колебательным характером изменений биодинамических показателей, особенно выраженных в 11–14 лет. Формирование механизмов координации мышечной деятельности в беге заканчивается к 15–16 годам. В третьем десятилетии биодинамические элементы приближаются к стационарному уровню с четким проявлением индивидуального биодинамического паттерна (В. К. Бальсевич).

Физиологическую основу естественных локомоций ходьбы и бега составляет ритмический двигательный рефлекс со стереотипным повторением движений конечностей. Спортивные локомоции вырабатываются на базе естественных локомоций за счет специальной подготовки. Это движения в конькобежном, лыжном, велосипедном, гребном спорте, в плавании, которые совершаются на скользкой опоре, при отталкивании от водной среды, без опоры. Сложность спортивных локомоций зависит от характера среды, с которой взаимодействует спортсмен, с акцентом усилий, удельным весом участия рук, ног, всей мускулатуры тела. К примеру, ходьба на лыжах связана с активной работой нижних и верхних конечностей, осуществляющих равномерных движения со стереотипным повторением циклов. В ациклических локомоциях участвует определенное количество мышц. К ним относятся также движения ациклического характера – прыжки в легкой атлетике, акробатике, спортивной и художественной гимнастике, фигурном катании, тяжелой атлетике, других видах спорта. При толкании ядра, метании диска мобилизуются группы мышц

всего тела (от головы до мизинца на стопе). В начале грудино-ключично-сосцевидная мышца при сокращении поворачивает голову, затем трапециевидная подтягивает лопатку к позвоночнику, дельтовидная отводит руку от туловища, двуглавая сгибает предплечье. После этого грудная подтягивает руку к туловищу, передняя зубчатая поворачивает лопатку, брюшные мышцы сгибают корпус, ягодичные удерживают тело в вертикальном положении. В заключительной фазе метания снаряда ноги и туловище, благодаря портняжной мышце, распрямляются, двуглавая мышца вновь сгибает руку и распрямляет пальцы. Ахилловое сухожилье и другие сухожилия придают телу максимальную устойчивость. Биомеханические и электрофизиологические характеристики локомоций обладают высокой устойчивостью и относительно не изменяются при повышении темпа, увеличении длины шага. В сформированных двигательных навыках, обеспечивающих перемещение тела в пространстве, при кратковременных периодах реализации мышечных сил не проявляются соотношения между активностью различных мышц, привычные для простых двигательных рефлексов. Это подтверждает положение, что освоенное движение определяется деятельностью центральной программы. При её формировании учитываются механические особенности опорно-двигательного аппарата, в частности его инерционные силы. Центральная программа представляет многоуровневую систему с характерной спецификой каждого из них.

Нейрофизиологические основы локомоций. Основной элементарной единицей управления при локомоциях является сустав с мышцами-сгибателями и разгибателями. При их ритмическом сокращении происходят переменные, шагательные движения в суставе. Программа шагательных движений заложена в спинном мозгу, тонически подавлена и может быть активирована экстероцептивными и супраспинальными влияниями. Она реализуется за счет центров сгибательных и разгибательных мышц с взаимными тормозными связями. Основой локомоций является распространение активности по замкнутой траектории интернейронов с последовательным возбуждением альфа-мотонейронов, обеспечивающих сокращения мышц в цикле шага. Такой механизм определяет относительно независимые движения каждой отдельной конечности.

Управление деятельностью спинального генератора осуществляется стволовыми структурами и афферентацией от проприорецепторов конечностей. Электрическая стимуляция локомоторной области среднего мозга с частотой 20–50 Гц вызывает ритмические шагательные движения у мезэнцефалической кошки, помещенной на движущую беговую дорожку. Раздражение этой области через вживленные электроды током разной силы и частоты позволяет получить все переходы от локомоций ходьбы к медленному и быстрому бегу. Животное оббегает препятствия. Однако нейроны локомоторной полоски не посылают импульсы непосредственно в спинной мозг. В области Варолиева моста имеются структуры, раздражение которых вызывает запуск или остановку локомоций. В субталамической области расположены центры, существенно влияющие на ходьбу. Раздражение этих структур у кошек вызывает её выпадение. Реализация локомоций проявляется при введении химических веществ (ДОФА), активирующих нисходящие моноаминоэргические пути, медиатором которых является норадреналин и серотонин. Не исключено, что моноаминоэргическая система переводит спинной мозг в состояние готовности к равномерной деятельности, а стволовые структуры стимулируют его запуск. Жесткость работы альфа-мотонейронов спинального генератора принципиально отличается от гибкости моторного выхода при организации произвольных движений.

Влияния, приходящие в спинной мозг через задние корешки, изменяют у спинального животного частоту шагательного рефлекса. Стабильность работы

шагательного автоматизма обеспечивает циклический афферентный приток. Наличие афферентации от собственной конечности не является обязательным. Механизм самостоятельности интраспинального генератора обеспечивает единство работающей конечности и её восприимчивость к афферентным влияниям.

Локомоторная активность включает контроль и координацию со стороны высших отделов головного мозга. Центры, связанные с управлением произвольными движениями (кора больших полушарий, базальные ганглии, ретикулярная формация и др.), оказывают влияние на спинной мозг через нисходящие пути. Двигательная область коры управляет локомоциями, в основном, через стволовые структуры. Непосредственные супраспинальные влияния контролируют и корректируют деятельность спинального генератора, не нарушая целостности программы.

Базальные ядра инициируют движения продолжительного, повторяющегося характера (ходьба, бег) и участвуют в поддержании мышечного тонуса. Мозжечок является важным звеном контроля локомоций, его удаление не приводит к прекращению движений, но нарушает их координацию. Через мозжечок проходит большинство нисходящих путей во время реализации моторного акта. Он получает информацию от двигательных центров и соответствующих рецепторов. Морфо-функциональные особенности мозжечка обеспечивают координацию различных центральных программ, приспосабливают их работу к внешним условиям. Коррекция центральных программ при медленных движениях осуществляется мозжечком во время их реализации, при быстрых баллистических движениях – в повторной попытке. Мозжечок функционирует как интегральная система, сравнивающая запрограммированную двигательную деятельность с реальной, внося изменения, направленные на повышение её эффективности.

Локомоторные акты связаны с высшими отделами ЦНС, с корой больших полушарий (лобные, нижнетеменные доли, первичная моторная и другие). Степень участия структур зависит от сложности локомоторного акта. На основе афферентного синтеза формируется программа конкретной локомоций. При локомоциях циклического и ациклического характера, преимущественно в моторных и нижнетеменных областях коры, формируются программы, обеспечивающие прекращение двигательного акта. Центральная программа через первичную моторную кору передается на локомоторные центры субталамических структур, среднего мозга, локомоторный генератор (А. Б. Трембач).

Характерной чертой локомоторных актов является автоматизированность и машинообразность проявления. Локомоций формируются в процессе моторного обучения на ранних этапах онтогенеза и совершенствуются посредством регулярных тренировок в последующие периоды индивидуального развития. Широкий спектр совершенных автоматизированных локомоторных актов обеспечивает оптимальное приспособление к окружающей среде, а также надежность техники и высокий спортивный результат.

Глава XIV. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА

Организация движений осуществляется управляющими функциями мозга и построена по принципу иерархии. Опорно-двигательный аппарат (ОДА) состоит из большого количества звеньев, подвижно соединенных между собой посредством суставов. Мышечные сокращения позволяют отдельным звеньям скелета поворачиваться относительно одной, двух, трех осей, обеспечивая большое количество степеней свободы.

Двигательная деятельность является одной из основных функций человека, которая определяет его адаптацию к внешней среде путем активного воздействия на неё. Это позволяет реализовать сложные формы двигательной деятельности и предъявляет высокие требования к ЦНС по координации двигательных актов.

Разнообразие движений, которые проявляются в профессиональной деятельности и обыденной жизни человека, требует классификации. Выделяют непроизвольные и произвольные движения. Первые возникают в ответ на раздражение определенных рецептивных полей (коленный, Ахиллов рефлексы), вторые – на внешние раздражители или по внутреннему побуждению. Совершенствование двигательной функции происходит в онтогенезе за счет созревания ЦНС и в процессе моторного обучения новым формам реагирования человека на изменения внешней среды. Наибольший удельный вес занимают двигательные навыки – произвольные движения, которым человек обучился в течение жизни. Они лежат в основе формирования позы, локомоций, письма, любого вида профессиональной деятельности, в том числе физкультурной и спортивной. Двигательный навык является одним из основополагающих компонентов спортивной техники, определяющей спортивный результат. Использование в настоящее время максимальных физических нагрузок у элитных спортсменов оставляет один путь повышения спортивного мастерства – совершенствование спортивной техники, двигательного навыка. Понятие «двигательный навык» взято из психологии и означает заученное действие. Параллельно с психологическим, двигательный навык является педагогическим понятием и физиологическим феноменом, отражающим моторную функцию человека. Н. А. Бернштейн определял навыки как прижизненно онтогенетически приобретенные двигательные возможности, а процессы их сознательной выработки, как двигательную тренировку. Они формируются на базе непроизвольных безусловных рефлексов: ориентировочных, ритмических двигательных, шагательных, на растяжение и другие. Активное обучение и надежное освоение навыка предполагает многократное повторение отдельных элементов и движения в целом.

Внешняя и внутренняя структура двигательного навыка. Двигательный навык имеет внешнюю и внутреннюю структуры. Внешняя структура определяется биомеханическими параметрами движения. Она характеризуется амплитудой, частотой и скоростью передвижения в пространстве отдельных частей и всего тела человека, развиваемым усилием и другие показателями. Внешнюю структуру можно зарегистрировать посредством гониометрии, стабилографии, динамометрии и другие. Разработанный Н. А. Бернштейном метод циклографии, в настоящее время модифицированный посредством современных технологий, позволяет детально анализировать внешнюю структуру движений спортсмена в реальном времени и вносить соответствующие коррекции. Регистрация и анализ внешнего рисунка навыка используется в спортивной практике (легкая атлетика, тяжелая атлетика, бокс и другие) для обучения спортивной технике и определения уровня тренированности

(В. С. Фарфель). Внутренняя структура двигательного навыка характеризуется активностью мышц и нервных структур, регулирующих тонический и физический компоненты сокращения. Её регистрируют, применяя методы ЭМГ и ЭЭГ. В выработанном двигательном навыке внешняя структура более стабильна и имеет меньшую вариативность, внутренняя – более изменчива.

Внешняя и внутренняя структуры тесно взаимосвязаны. Внешняя структура варьирует в определенных пределах. Эту закономерность установил Н. А. Бернштейн, доказав невозможность проявления двух одинаковых движений. При ударе молотком по шляпке гвоздя траектории движений в серии ударов различаются. Штангист не может дважды одинаково поднять штангу. В адекватных ситуациях внешняя структура достаточно стабильна. Она изменяется в чрезвычайных условиях: при утомлении, перетренировке, применении фармакологических средств. Стабильность зависит от квалификации спортсменов. Относительная стабильность внешней поддерживается вариабельностью внутренней структуры. При компенсированном утомлении включение дополнительных мышц и изменения временных отношений между активностью ранее работавших мышечных групп способствуют сохранению внешней структуры двигательного навыка. Резкие нарушения внутренней структуры двигательного навыка приводят к существенным изменениям биомеханических параметров движения.

Функциональные теории формирования двигательного навыка. В школе И. П. Павлова двигательный навык рассматривается как условный рефлекс второго типа, или инструментальный рефлекс, на базе которого формируется новая форма двигательной активности. Его выработка связана с формированием временных связей в сенсорных и исполнительных звеньях двигательных реакций. При образовании двигательных навыков в спортивной практике имеют большое значение условные рефлексы высших порядков, которые формируются через первую и вторую сигнальную систему. Двигательный навык представляет собой сложную форму спортивной деятельности, повторяющихся в определенной последовательности действий. Подобные навыки характерны для циклических видов спорта, гимнастики, акробатики, тяжелой атлетики и другие. Заученная последовательность действий складывается в комплексный акт, называющийся двигательным стереотипом. Стереотип отличается большой прочностью и обеспечивает высокий спортивный результат. При нарушении принципов тренировки качества быстроты у спринтера за счет формирования жесткого двигательного динамического стереотипа может возникать скоростной барьер, проявляющийся в стабилизации спортивных результатов.

Формирование двигательного навыка сопровождается параллельным образованием временных связей, обеспечивающих оптимизацию развертывания вегетативных функций. Вегетативный компонент двигательного навыка имеет большое значение в достижении высокого спортивного результата. Условная вегетативная реакция направлена на обеспечение участвующих в реализации движений мышц кислородом за счет интенсификации кровообращения и дыхания и носит адаптационный характер. Это необходимо учитывать с начальных этапов освоения спортивной техники. Условный вегетативный рефлекс вырабатывается позднее и удерживается дольше двигательного навыка.

Не укладываются в схему двигательного динамического стереотипа спортивные игры, противоборства и другие. Постоянно меняющаяся ситуация, действия соперника требуют принятия оптимального решения и адекватного использования, имеющихся в арсенале памяти двигательных навыков и их эффективного сочетания в соревновательных условиях за счет экстраполяции. Спортивная техника основана на большом разнообразии двигательных навыков, в том числе имеющих короткое время

реализации. Это позволяет осуществлять их разнообразные сочетания и формировать цепочку последовательных действий любой продолжительности для достижения необходимого результата. Физиологический механизм организации подобных двигательных навыков с позиций функциональной системы П. К. Анохина представляется следующим образом. Построение функциональной системы проходит ряд фаз, обеспечивающих в конечном итоге достижение запланированного результата. Выделяют фазы афферентного синтеза, принятия решения, формирования программы и акцептора результата действия. Они формируются до начала реализации двигательного навыка и обусловливают оптимальное решение моторной задачи на основе анализа прошлого опыта и внешних условий. Модель будущего результата (акцептор результата действия) позволяет оценивать успешность совершенного действия. Оценка запрограммированного и реального результата осуществляется за счет обратной афферентации от рецепторов мышц, сухожилий, связок и других сенсорных систем афферентации, поступающей в акцептор действия. При достижении конечного приспособительного эффекта функциональная система распадается, уступая место для формирования новой функциональной системы, которая направлена на достижение следующего результата. Важнейшими физиологическими механизмами формирования двигательного навыка по П. К. Анохину являются оптимальное решение моторной задачи и контроль над её реализацией. Функционирование этих механизмов основано на свойстве головного мозга – экстраполяции. Экстраполяция на основе имеющегося опыта позволяет решать новые двигательные задачи. Чем выше запас освоенных двигательных навыков, тем адекватней и быстрей ответная реакция. Развитие у спортсмена способности к экстраполяции позволяет успешно бороться с воздействиями сбивающих факторов, которые наиболее часто проявляются в соревновательных условиях.

Существенным развитием представлений о механизмах формирования двигательного навыка была концепция Н. А. Бернштейна, впервые высказавшего мысль о том, что формирование двигательного навыка направлено на преодоление избыточного числа степеней свободы в суставах. По его мнению, любое произвольное движение в суставе определяется суммой трех основных сил: внешних неконтролируемых ЦНС, внутренних в виде активного напряжения мышц и реактивных, также неконтролируемых на первых этапах моторного обучения. В связи с этим выполнение движения по заданной траектории требует непрерывной сенсорной коррекции. Важным компонентом концепции является положение о многоуровневой иерархически построенной системе управления двигательными навыками. Ведущий уровень осуществляет основные коррекции, адекватные смысловой нагрузке выученного движения. Под его контролем находится ряд фоновых уровней, обслуживающих технические компоненты движения: тонус, иннервацию, денервацию, реципрокное торможение, сложные синергии. При реализации произвольных движений разной сложности иерархическая система и функциональное значение уровней меняются. Формирование двигательного навыка возможно при активной психомоторной деятельности. Суть моторного обучения заключается в постоянном совершенствовании обучаемого движения, когда каждое последующее движение становится лучше предыдущего. Выработка двигательного навыка, по Н. А. Бернштейну, есть процесс оптимизации решения моторной задачи. Ограничение степеней свободы в условиях обучения достигается за счет управления реактивными силами посредством шлифовки фоновых уровней реализации и контроля движения без активного участия сознания. В результате, двигательный навык осуществляется автоматически, а сознание спортсмена направлено на стороны спортивной деятельности, имеющие наибольшее значение для достижения высокого результата.

Согласно концепции моторных программ, они формируются в ЦНС в процессе обучения и сохраняются в долговременной памяти. Общая программа способна обеспечить реализацию обширной группы двигательных навыков, например бега с различными параметрами его отдельных фаз. В повторяющихся ситуациях программа мгновенно извлекается из памяти и реализуется при решении однотипной моторной задачи без изменений или с минимальной адаптацией.

Нейрофизиологические механизмы формирования двигательного навыка. Моторная, или центральная программа с позиций нейрофизиологии представляет упорядоченную во времени активность нейронов в различных областях ЦНС. Объективным критерием деятельности центральных программ являются биопотенциалы головного мозга. Их максимальная активность позволяет судить об участии определенных структур ЦНС в моторном обучении. Характер изменений биопотенциалов в динамике моторного обучения отображает процесс становления и упрочения двигательного навыка.

Участие различных областей коры больших полушарий, базальных ганглиев, мозжечка и спинного мозга в организации произвольных движений человека известно. Основную роль в регуляции играют первичная моторная кора, премоторная и дополнительная моторная корковые области. Синхронно работающая группа нейронов первичной моторной коры определяет пространственный паттерн двигательной программы, последовательность возникновения временного паттерна в каждом нейроне. Корковые командные нейроны разряжаются перед началом движения и в различные его фазы. Перед началом движения большое количество нейронов активируется в премоторной и дополнительной моторной области. В премоторной области активность нейронов возрастает за 480 мс до начала движения, в первичной моторной коре – за 150 мс до появления ЭМГ работающих мышц. Дополнительное моторное поле связано преимущественно с подготовкой и инициацией самопроизвольных движений, а премоторная область – с организацией сенсорно направляемых двигательных актов. Формирование и реализация смысловой программы действия (планирование) определяется деятельностью ассоциативных, в первую очередь, лобных областей мозга. В них происходит сличение интероцептивных и экстероцептивных сигналов. В префронтальной зоне локализуются гностические поля, связанные с программированием пространственно-кинематических двигательных актов и организацией более высоких форм поведения у человека. Высшие процессы анализа сигналов от проприорецепторов происходят в нижнетеменных областях – зонах перекрытия анализаторов. Их влияние на моторную область совершенствует управление произвольным движением.

Снижение участия в этом процессе лобных долей является физиологической основой ускользания процесса управления движениями от влияния второй сигнальной системы и из сферы сознания. Это наиболее выражено при реализации простых высокоавтоматизированных движений. Теменная кора также участвует в программировании и запуске целенаправленных движений. Однако их реализация возможна при обязательном участии первичной моторной коры, её пирамидных клеток Беца. Пирамидные клетки обладают высокоразвитой системой обратных связей, обеспечивающей дифференцированное управление мышечным сокращением.

Основные звенья корковой моторной программы до начала моторного акта передаются в мозжечок при формировании элементов баллистического движения и в бледный шар при формировании медленных движений. Из этих структур информация в виде биоэлектрической активности вновь поступает в кору больших полушарий, на уровне которой создается программа целостного действия. Существенную роль в программировании движений играют лобные доли (в них заключена программа

действия), моторные области рук и ног, теменные третичные зоны, зрительные области. Участие и взаимодействие областей варьируют в зависимости от вида физических упражнений и спортивной деятельности в целом.

Анализ основных ритмов ЭЭГ позволил выявить некоторые механизмы организации и управления движениями, роль отдельных областей коры больших полушарий при реализации моторного акта. Решение моторных задач вызывает региональную десинхронизацию основного альфа-ритма ЭЭГ за несколько секунд до выполнения произвольного движения в моторных центрах работающей руки. Десинхронизация возрастает при повышении требований к точности движения. Феномен отражает проявление процессов корковой активации, необходимой для эффективной обработки информации, поступающей по специфическим сенсорным путям. Кратковременные моторные акты, не несущие большой смысловой нагрузки, сопровождаются минимальной корковой активацией. По образному выражению Н. А. Бернштейна, они являются «осколками движений».

Е. Б. Сологуб использовала в качестве моделей сформированные двигательные навыки, требующие длительного обучения. Впервые применив кросскорреляционный анализ ЭЭГ, она отметила проявление или усиление синхронизации электрической активности ранее функционирующих раздельно областей коры в период организации и реализации спортивных движений. Синхронизация биопотенциалов развивается в центрах, играющих существенную роль в организации конкретного движения. В фехтовании внутренняя структура двигательного навыка базируется на тесных взаимодействиях программирующих центров (лобной, теменной зон), зрительной области, центров правой и левой руки. При беге большую степень синхронизации обнаруживают центры рук и ног.

Формирование двигательного навыка. При формировании двигательного навыка можно выделить три стадии. Первая стадия характеризуется эфферентной генерализованной реакцией, то есть вовлечением в работу дополнительных мышечных групп. Во время второй стадии происходит улучшение координации различных элементов двигательного навыка, что приводит к относительной стереотипности выполняемых двигательных актов. Третья стадия характеризуется стабилизацией, высокой степенью координации и автоматизации двигательного акта.

На всех стадиях образования двигательного навыка происходит формирование как нервно-мышечного, так и вегетативного его компонентов. При этом вегетативные реакции становятся все более специфичными и отражают «запрос» со стороны двигательной сферы. Например, при статических усилиях особые требования предъявляются к малому кругу кровообращения и венозному притоку крови к правому предсердию. При длительном беге активизируется дыхание и кровообращение, в целом. В третьей стадии на основе совершенствования условных рефлексов достигается единство двигательного и вегетативного компонента двигательного навыка.

В процессе обучения, совершенствования и при выполнении двигательных навыков у человека большую роль играют речь и мышление. В процессе обучения сознание активно участвует в формировании координационных деталей двигательного навыка и динамики усилий. Следует также подчеркнуть роль конкретной речевой характеристики компонентов движений, тесно связанной с конкретной структурой и характером двигательной активности при выполнении того или иного упражнения.

При выполнении заученного упражнения сознание концентрируется на его цели – лучше, сильнее, быстрее и так далее, и частные компоненты навыка при этом не осознаются. Попытка следить за частными элементами движений приводит к деавтоматизации, и навык расстраивается.

Вместе с тем детали автоматизированного навыка после его выполнения осознаются человеком и могут им анализироваться. Это доказывает ведущую роль коры больших полушарий в формировании навыков на всех стадиях их развития. При отсутствии упражнения многие компоненты двигательных навыков утрачиваются.

Эмоции оказывают непосредственное влияние на формирование и, особенно на эффективность выполнения двигательного акта.

По представлениям И. Л. Бернштейна, процесс обучения новым двигательным навыкам происходит следующим образом. В начале освоения движения новичок совершает движения во всех суставах движущейся конечности и туловища за счет одновременной активации всех мышц. Тем самым он выключает все степени свободы, оставляя одну-две, непосредственно необходимые для данной фазы движения. Поэтому движения на этом этапе неловкие и неточные, поза и мимика становятся скованными, дыхание задерживается. В последующем человек высвобождает фиксированные до того степени свободы. Это дает возможность предотвращать влияние возникающих реактивных сил и помогает совершать движение в нужный момент и в необходимом направлении. На третьей стадии освоения навыка движению придается такая форма, при которой реактивные силы из помех, сбивающих движение, в значительной степени превращаются в полезные силы, возникающие тогда, когда движение отклоняется от правильной траектории, и стремятся вернуть его на эту траекторию. Движения подобного рода имеют в основе сложившийся динамический стереотип и называются динамически устойчивыми или автоматизированными.

И. П. Павлов связывал автоматизацию навыка с осуществлением ранее сформированной условнорефлекторной деятельности вне очага оптимальной возбудимости в коре больших полушарий. Очаг с оптимальной возбудимостью он считал творческой областью коры больших полушарий, в которой лучше как разрушаются, так и создаются временные связи. Субъективно автоматизированные движения воспринимаются как целостные двигательные акты без оценки частных деталей. Слишком стандартный двигательный навык трудно приспосабливается к изменениям в организме и среде и поэтому он должен формироваться с определенным диапазоном вариативности. При этом навык будет более устойчив при эмоциональном возбуждении, утомлении, в неблагоприятных условиях внешней среды и так далее. В образовании и осуществлении двигательных навыков большую роль играют мышление, мотивация, память, обеспечивающие афферентный синтез.

Одним из существенных элементов формирования навыка, там, где это, возможно, является включение безусловнорефлекторных координаций спинального, бульбарного, стволового и других отделов в состав вырабатываемого движения. В тех же случаях, когда эти врожденные координации затрудняют выработку нового двигательного навыка, происходит их торможение или коррекция.

В формировании навыка на всех стадиях определенную роль играют такие качества двигательной деятельности как сила, быстрота, ловкость и выносливость. Каждый двигательный акт характеризуется взаимосвязью этих качеств, определяющих особенности двигательной деятельности. Он будет наиболее эффективен с точки зрения достижения поставленных результатов (в клинике, спорте, труде), если эта взаимосвязь будет оптимальной.

Афферентные компоненты навыка. Постоянная информация, поступающая в центральную нервную систему из внешней и внутренней среды, составляет афферентные компоненты навыка. Они обеспечивают постоянную текущую коррекцию навыка, как при обучении, так и при выполнении двигательного акта.

Сенсорные коррекции в ходе выполнения двигательных навыков осуществляются на всех его этапах и зависят от быстроты и сложности двигательных действий и изменчивости исполнительных физиологических систем.

Эффективность выполнения двигательного навыка требует соответствия программы и результатов осуществления как с точки зрения двигательного, так и вегетативного его компонента.

Функция двигательного анализатора обеспечивает динамику и взаимосвязь мышечных сокращений. Он участвует в пространственной и временной координации двигательного акта. Вестибулярный анализатор связан с координацией движений при изменении положения тела в пространстве. Слуховой – может участвовать в организации ритмики мышечных сокращений, а зрительный анализатор – пространственной динамики двигательной активности. Тактильный анализатор тесно связан с двигательным анализатором в управлении различными сторонами динамики и координации усилий. Использование особенностей влияния различных анализаторов и их взаимодействия в организации двигательного акта позволяет обеспечить повышение эффективности физических упражнений, как в процессе обучения, так и их выполнения.

Позный и локальный компонент двигательного навыка. В осуществлении подавляющего большинства бытовых, трудовых и спортивных двигательных актов принимают участие мышечные группы, число которых значительно превышает число мышц, непосредственно реализующих само (локальное) произвольное движение. Основная же их часть обеспечивает такие компоненты двигательной реакции, как фиксация суставов, торможение движения, поддержание необходимой позы и так далее. При исследовании соотношения локального движения и позных реакций было установлено:

во-первых, в зависимости от двигательной задачи одни и те же мышечные группы могут выполнять различную функцию, то есть участвовать в выполнении локального движения или в осуществлении позных реакций;

во-вторых, перестройка в активности мышц, участвующих в позных реакциях, часто предшествует началу локального произвольного движения.

Следовательно, мышечная активность при выполнении двигательного навыка может быть разделена на два основных типа: позная и фазная, то есть на позный и локальный компонент. Эти компоненты при выполнении целостного двигательного акта взаимодействуют, обеспечивая развертывание его как во времени, так и в пространстве.

Одна из основных задач позной активности мышц заключается в удержании определенного положения суставов, на которые действуют моменты силы тяжести тела или его звена, например удержание головы в вертикальном положении и так далее. Кроме того, позная активность может быть использована для фиксации суставов, не принимающих в данный момент участия в движении, или направлена на преодоление эластических сил, растянутых мышц-антагонистов. Общие закономерности позной активности мышц можно рассматривать на примере стояния, когда наблюдается активность большого числа групп мышц туловища и нижних конечностей.

При этом одни мышцы имеют более или менее постоянный уровень активности, другие, наоборот, перемежающийся, что особенно свойственно икроножным мышцам. Как правило, в бытовых, трудовых, спортивных, хореографических и других движениях происходит смена поз, так как решение той или иной двигательной задачи предъявляет свои требования к исходному положению тела, а, следовательно, к формированию позной активности. Основным компонентом навыка называется та часть двигательного акта, которая на базе позы непосредственно реализует

двигательную задачу. По характеру активности мышц-антагонистов и возможности внесения корригирующих сенсорных поправок в процесс осуществления движений можно выделить два типа двигательных реакций – баллистические и тонические («напряженные»).

Баллистическими движениями были названы быстрые движения, при выполнении которых мышца-антагонист активна только в начале перемещения, а затем движение совершается без его влияния, при этом антагонисты расслаблены. К таким навыкам относятся ряд бытовых, профессиональных, спортивных движений и так далее, такие, как метание, печатание на машинке, игра на фортепьяно, акробатические прыжки и так далее. При выполнении прочно выработанных баллистических движений по ходу их выполнения вносятся минимальные коррекционные поправки.

К другому типу относятся локальные движения, корригирующиеся по ходу выполнения. Это находит свое отражение в характере активности мышц-антагонистов, которая корригируется на всем протяжении выполнения движения. В их ЭМГ появляются периодические усиления и ослабления возбуждения, связанные с коррекционными поправками. Особенностью этих движений является такое участие в них антагонистов, которое обеспечивает большую точность их выполнения и помехоустойчивость.

С точки зрения достижения цели можно использовать различные варианты двигательного навыка. Если навык сформирован с оптимальным диапазоном вариантности, он обеспечивает не только наилучшую адаптацию к различным условиям окружающей среды и наибольшую устойчивость при выполнении того или иного упражнения, но и наиболее широкие возможности к дальнейшему совершенствованию.

И. М. Сеченов и И. П. Павлов подчеркнули роль центральной нервной системы в развитии на всех стадиях упражнения приспособительных процессов в организме человека и животного.

Упражнение вызывает глубокую перестройку во всех органах и системах организма человека. Эти изменения могут быть оценены как прогрессивные только в том случае, если они оказывают, безусловно, оздоровительное влияние и приводят к повышению работоспособности организма в целом.

Физиологическую сущность упражнения составляют физиологические, биохимические и морфологические сдвиги, возникающие под влиянием многократно повторяющейся мышечной работы или других видов активности при изменяющейся нагрузке и отражающие единство расхода и восстановления функциональных и структурных ресурсов в организме человека и животного.

В ходе тренировки развитие работоспособности организма и его совершенствование имеют разную динамику. В одном случае, в начальный период упражнения, темп функционального совершенствования высокий. В дальнейшем он замедляется и по относительно пологой кривой достигает максимума. В другом случае – темп нарастания работоспособности относительно равномерный от начала упражнения до момента достижения наивысших показателей. В третьем – в начальный период упражнения функциональные изменения относительно незначительные. Однако в дальнейшем отмечается стремительный рост работоспособности. Отмеченные, а также промежуточные варианты характеризуют изменения, происходящие в организме в процессе упражнения, и отражают как наследственные качества организма, так и методы их развития и совершенствования. Таким образом, эффективность упражнения, находящая выражение в виде результата (достижение здоровья, успех в умственной, спортивной, артистической и другой деятельности), может иметь разные пути и динамику на всем пути процесса упражнения. Важная задача упражнения – сохранение

здоровья и работоспособности на оптимальном уровне за счет активизации восстановительных процессов. В ходе упражнения совершенствуются высшая нервная деятельность, функции центральной нервной, нервно-мышечной, сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной и других систем, обмен веществ и энергии, а также системы их нейрогуморального регулирования.

Двигательный навык и моторная асимметрия. В практике спорта существенное значение имеет моторная асимметрия. Большинство людей (79–90 %) при решении моторных задач предпочитают использовать правую верхнюю конечность, 4 % представляют «истинных левшей». Формирование двигательного навыка у лиц с доминированием левых конечностей происходит быстрее и с меньшим количеством ошибок, чем у правшей. Различия связаны со спецификой формирования центральных программ и межполушарных отношений.

При становлении двигательного навыка у лиц с доминированием правой верхней конечности изменения электрической активности мозга, связанные с динамикой моторного обучения, наиболее выражены в диапазоне высоких частот. При обучении ведущей рукой формирование центральных программ, в основном, завершается в первую треть периода моторного обучения и характеризуется спецификой пространственного распределения мощности спектра в диапазоне 18–29 Гц с преобладанием в контралатеральном полушарии по отношению к работающей конечности.

Формирование центральной программы при работе «неведущей» рукой происходит при завершении моторного обучения. Она имеет более сложную конфигурацию за счет активации корковых областей обоих полушарий. В процессе моторного обучения в центральной программе происходит значительная перестройка межполушарных взаимодействий. Количество их резко возрастает, затем падает. В начале обучения межполушарные взаимосвязи увеличиваются в передних и центральных отделах и снижаются в задних отделах коры больших полушарий. При завершении формирования двигательного навыка они повышаются в моторных и соматосенсорных областях коры и уменьшаются в программирующих отделах (лобные, нижнетеменные). Эти закономерности проявляются при обучении правой и левой руками. По мере совершенствования двигательного навыка растет функциональная взаимосвязь между корковым и спинальным уровнями центральной программы. При обучении ведущей рукой большинство областей коры, имеющих положительную динамику взаимосвязи, играют существенную роль в организации выученного движения (лобные доли, премоторные, соматосенсорные, нижнетеменные). Они выявляются, в основном, в контралатеральном полушарии. При обучении неведущей рукой значительно меньше выраженность взаимосвязей корковых и спинальных структур (Е. М. Бердичевская).

При идеомоторном движении активируется большее количество нейрональных структур, чем при реализации двигательного акта. Площадь их распределения в условиях моторного обучения значительно снижается. Взаимосвязи, в основном, определяются в зонах коры больших полушарий, имеющих существенное значение в организации выученных движений. Процесс мысленного представления целостного двигательного навыка является объективным феноменом извлечения центральной программы выученного движения из памяти без её конкретного использования.

В процессе становления двигательного навыка у лиц с доминированием левой верхней конечности, наиболее выраженные изменения, связанные с динамикой моторного обучения, проявляются в диапазонах низких и высоких частот. Обучение «ведущей» рукой, в основном, завершается к концу моторного обучения, в связи с интенсивным формированием центральных программ. Программа отличается

специфической динамикой пространственного распределения мощности спектра ЭЭГ в центрах обоих полушарий, связанных с планированием и реализацией движения. При работе «неведущей» рукой она имеет более сложную конфигурацию за счет активации большего количества корковых структур в обоих полушариях. При работе «ведущей» и «неведущей» рукой количество увеличивающихся и уменьшающихся межполушарных когерентных связей резко возрастает, затем снижается. В начале обучения связи растут в большинстве областей мозга и снижаются в задних отделах. Повышение межполушарных связей в височных, затылочных областях и снижение в передних и центральных отделах коры больших полушарий возникает на фазе завершения формирования двигательного навыка «ведущей» рукой. Динамика функциональных взаимосвязей между корковым и спинальным уровнем центральной программы по мере совершенствования двигательного навыка у левшей принципиально не отличается от таковой у лиц с доминированием правой руки. При подготовке к идеомоторному акту вовлекается значительное количество областей коры с последующим смещением в правое полушарие при мысленном представлении движения. Площадь распространения высоких и максимальных значений спектра ЭЭГ в процессе обучения снижается. Максимальная активность сохраняется преимущественно в контралатеральных зонах коры, имеющих значение в организации выученных движений, и являются объективным критерием формирования центральной программы.

Фазы становления двигательного навыка и моторная память. На основании анализа динамики внешней и внутренней структур двигательного навыка выделяют определенные фазы моторного обучения. Первой является мысленное представление будущего действия. Оно отражает «идею» или «смысловую программу» двигательного акта (М. Е. Иоффе). В естественных условиях формирования двигательного навыка мысленное представление движения возникает за несколько секунд до его реализации или при идеомоторном его выражении. Моторные образы отражают динамическое состояние, в котором прорабатывается представление моторного акта в рабочей памяти на основе активации корковых структур, участвующих в организации двигательной активности. По мере совершенствования двигательного навыка максимальная электрическая активность локализуется в первичных моторных и соматосенсорных областях коры больших полушарий. Электрофизиологическая характеристика мысленного представления по физиологическому механизму близка фазе афферентного синтеза, по П. К. Анохину. Афферентация в виде мозаики нейронной активности мысленно «рисует» компоненты навыка, обстановку, связанную с ним (например, расположение планки на определенной высоте), и «примеряет» к ней уточненные по опыту образцы (её расположение на высотах, которые спортсмен брал или может взять по уровню технической подготовки). Рассогласование активирует по обратным связям неспецифическую систему, которая извлекает из памяти новые образцы центральных программ вплоть до полного согласования, увиденного с собственными возможностями. Завершается мысленное представление о движении принятием решения и формированием программы моторного акта. Использование методов «ментальной тренировки» положительно влияет на процесс моторного обучения.

Остальные стадии становления двигательного навыка – генерализации, концентрации, стабилизации и автоматизации – предложены А. Н. Крестовниковым и дают представление о последовательной динамике моторного обучения. Стадия генерализации характеризуется наличием непрочной условной связи двигательного навыка в коре мозга. Его элементы еще не выстроены в систему, отмечается слабая помехоустойчивость. Несмотря на высокий уровень сознательного контроля, постоянно возникают ошибки. Эта фаза, по Н. А. Бернштейну, обусловлена ограничением степеней свободы за счет фиксации всех суставов (формирование «мышечного замка»).

В реализации движения участвует большое количество мышечных групп, поэтому оно неэкономично, скованно. Стадия концентрации характеризуется упрочением двигательного навыка. Он приобретает определенную степень надежности и помехоустойчивости. Сознательный контроль выражен слабее, чем в стадии генерализации. Оптимизация движения происходит за счет снятия «мышечного замка» и формирования коротких физических импульсов, корригирующих динамические силы в нужном направлении. Стадия стабилизации отличается снижением вариативности биомеханических параметров движения, оптимальной реализацией двигательного навыка. Это происходит за счет того, что «реактивные силы» из помех превращаются в полезные, обеспечивающие коррекцию запланированной траектории движения. Стадия автоматизации характеризуется заметным исключением сознательного контроля. Спортсмен не думает, как он выполняет движение. Сознание спортсмена, в основном, направлено на другие стороны спортивной деятельности – максимальную скорость бега, слежение за действиями соперника и другие. Однако сознательный контроль полностью не исчезает. Внезапное вмешательство экстремального фактора его обостряет.

В целом, выработанные двигательные навыки в виде центральных программ хранятся в моторной памяти. Центральные программы включают моторный и сенсорный компоненты. Сенсорный компонент программы обеспечивает обработку афферентации, формирование сенсорного образа движения, выявление соответствий между «запланированной» и «реальной» афферентацией.

Глава XV. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЗАНЯТИЯХ СПОРТОМ

Спорт – специальная двигательная деятельность, сопряженная с проявлением максимальных физических и волевых усилий, направленная на достижение в каком-либо виде физических упражнений наивысших результатов, выявленных в процессе состязания.

Циклические виды спорта. К циклическим видам спорта относятся бег, ходьба, плавание, гребля, велоспорт, лыжные гонки, конькобежный спорт и многие другие. Все они имеют ряд общих черт, как в отношении движений, так и в отношении энергозатрат. Циклические виды спорта, как правило, включают в оздоровительные программы с целью профилактики ряда заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также с лечебной целью.

Чтобы достичь наилучшего результата наименее напряженным путем выбирают не традиционные общефизические гимнастические упражнения, а упражнения, требующие непрерывной работы больших групп мышц, например, лыжный спорт, кросс, бег, плавание, ходьбу по пересеченной местности и другие. Чем меньше мышечных групп участвует в работе, тем ниже тренировочный эффект.

Общность циклических движений заключается в следующем. Все фазы движений, существующие в одном цикле, присутствуют и в остальных, причем в той же последовательности. Циклы друг от друга неотделимы.

Роль физиологической основы циклических движений выполняет ритмический двигательный цепной рефлекс, имеющий безусловное рефлекторное происхождение и поддерживаемый автоматически. Значительная часть циклических движений представляют собой естественные локомоции (движения) или базируются на них. Основными переменными величинами в циклических движениях являются мощность и длительность (продолжительность) выполняемой работы. Мощность определяется частотой двигательных циклов, амплитудой и силой движений.

Общей для всех циклических движений является зависимость предельной продолжительности работы от ее мощности или скорости передвижения.

Спортивная ходьба. Физиологический базис ходьбы – шагательный рефлекс. Цикл движений в спортивной ходьбе состоит из двойного шага, включает в себя по два периода одноопорного и двухопорного положения спортсмена. Движения рук скорохода строго сочетаются с движениями ног и носят перекрестный характер.

Соревнования проводятся на дистанции 20 и 50 км (у мужчин) и 5–10 км (у женщин). Характерен высокий темп движений (от 100 до 160 и более шагов в минуту). Отсутствие безопорной фазы приводит к преобладанию процесса возбуждения в нервных центрах регуляции движений. Спортивная ходьба относится к работе умеренной интенсивности, сравнительно небольшой скорости.

У скороходов выше тонус мышц, менее выражена релаксация (расслабление) мышц по сравнению с лыжниками-гонщиками или бегунами-стайерами. Расход энергии в спортивной ходьбе значительный: 300–400 ккал на дистанции 5 км и более 3000 ккал на дистанции 50 км. Максимальное потребление кислорода (МПК) у мужчин – 71 мл/кг/мин. Частота дыхания и вентиляция легких зависит от темпа и функциональной готовности спортсмена и составляет 30–50 и более в минуту и 60–90 л/мин; поглощение кислорода – 3–5 л/мин и более. Функция сердечно-сосудистой системы: частота сердечных сокращений во время ходьбы – от 130 до 160 и более в минуту. Лактат (молочная кислота) в крови повышается до 12 ммоль/л. Показатели

красной крови меняются незначительно. Иногда отмечается (выявляется) анемия, особенно при выполнении больших по объему нагрузок.

Бег – основное и наиболее эффективное физическое упражнение для тренировки кардиореспираторной системы. Бег в большей степени способствует развитию физических качеств выносливости и скорости. Соревнования в беге проводятся на дистанции от 60 метров до марафонского бега (42 км и 195 метров). Дистанции подразделяются на короткие, средние и длинные. В зависимости от длины дистанции это может быть работа максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной интенсивности.

Тренировки в беге формируют и закрепляют относительно однообразные динамические стереотипы нервной деятельности. В зависимости от того, гладкая это дистанция или барьерный бег, в зависимости от характера соревнований предъявляются требования к зрительному анализатору и проприоцептивной рецепции.

В беге на короткие дистанции спортсмен выполняет работу в анаэробном режиме, при беге на длинные дистанции – в аэробном или смешанном режиме, а в беге на средние дистанции – смешанном или анаэробном режиме.

Тренировки увеличивают возбудимость и лабильность мышц. Так, хронаксия (косвенный показатель лабильности мышц) наиболее коротка у бегунов-спринтеров. Расход энергии при беге на короткие дистанции составляет 3700–4200 ккал у мужчин и 3200–3600 ккал у женщин. У бегунов на длинные дистанции – 5000–5500 ккал и 4200–4700 ккал, соответственно, у мужчин и женщин. МПК у бегунов на длинные дистанции у мужчин 80 мл/мин/кг, у женщин – 56 мл/мин/кг. У женщин расход энергии меньше на 15–20 %, чем у мужчин.

У бегунов-стайеров в покое отмечается урежение частоты сердечных сокращений (брадикардия). Частота сердечных сокращений (ЧСС) при беге, в зависимости от дистанции, составляет от 150–200 и более в минуту. Артериальное давление (АД) в пределах нормы, для стайеров характерна гипотония (105–120 мм рт. ст. систолическое давление и 55–65 мм рт. ст. диастолическое давление). У бегунов-стайеров показатели красной крови незначительно меняются, иногда имеет место анемии. Концентрация лактата в крови в зависимости от пробегаемой дистанции (отрезков дистанции во время тренировок) может быть (составлять) 6–8 ммоль/л и более 10–16 ммоль/л. Иногда в моче у бегунов-стайеров определяется белок.

Лыжный спорт является важным средством поддержания и улучшения здоровья, функционального состояния и тренированности. Лыжным спортом можно заниматься с самого раннего детства и вплоть до глубокой старости. Наиболее широкое распространение получили лыжные гонки. Они представляют собой локомоции типа ходьбы с резко удлиненной одиночной опорой, с использованием работы рук. Кроме того, лыжные гонки проходят на различных рельефных местностях, при различном скольжении. В лыжном спорте у женщин дистанции 5, 10, 15 и 30 км, у мужчин – 15, 30, 50 км.

Темп (скорость) гонки у квалифицированного лыжника существенно не зависит от длины пробегаемой дистанции. Однако скорость пробегания дистанции зависит от профиля дистанции, температуры воздуха и снега, смазки и тренированности (функционального состояния) лыжника-гонщика. Работа лыжника-гонщика – большой интенсивности, но в связи с профилем дистанции эту работу следует отнести к переменной интенсивности. Лыжный спорт развивает общую и скоростную выносливость, но при подготовке к соревнованиям используется силовая тренировка (лыжероллеры, бег в гору с лыжными палками и отягощающими поясами и тому подобное).

Высококвалифицированные лыжники-гонщики при прохождении дистанции потребляют кислорода на 15–20 % меньше, чем менее квалифицированные. У лыжника-гонщика во время тренировки (соревнований) задействована большая группа мышц, отсюда и большие энергетические затраты. Тип работы у лыжника-гонщика аэробно-анаэробный, в зависимости от профиля трассы и климатических условий (температуры воздуха, снега, смазки), а если тренировки (или, особенно, соревнования) проводятся в среднегорье, то режим работы анаэробный. При спусках и подъемах в гору с большой скоростью, несмотря на увеличение потребления кислорода (O_2), часть энергии освобождается за счет анаэробных реакций, о чем свидетельствует значительное повышение концентрации молочной кислоты в крови.

Суммарный расход энергии составляет от 4200 до 6000 ккал. На лыжном марафоне (50 км и более) расход энергии значительно превышает эту величину. МПК у мужчин 83 мл/кг/мин, у женщин – 63 мл/кг/мин. Дыхание при попеременном двухшажном ходе ритмичное – 1:1, 1:2. Правильное сочетание дыхания и движений всегда повышает эффективность работы. У лыжников-гонщиков хорошо развита дыхательная мускулатура. Поэтому у них большая амплитуда дыхательных движений и высокие показатели ЖЁЛ (у мужчин от 5,5 до 7,5 литров, у женщин – 3,5–4,5 литров). Легочная вентиляция у лыжников во время бега повышается до 1200 литров в минуту. Потребление кислорода у квалифицированных лыжников достигает 4–5 л / мин, что составляет 85–90 % их МПК. При передвижении по равнине эта величина не превышает 80 % МПК, на подъемах она возрастает до 100 %, на спусках снижается до 50–55 %.

Конькобежный спорт. Занятия конькобежным спортом способствуют не только развитию скорости, выносливости, координации движений, но и закаливанию организма, повышению сопротивляемости простудным заболеваниям.

В зависимости от длины дистанция может быть субмаксимальной (500, 1000, 1500 м) и большой интенсивности (5000 и 10 000 м).

Движения конькобежца имеют циклический характер, сложный по координации. Малая опорная поверхность конька, высокая скорость, наличие скольжения и наклонное положение туловища затрудняют сохранение равновесия и усложняют двигательную деятельность конькобежца.

Расход энергии при беге на коньках зависит от длины дистанции, скорости передвижения (бега) и метеологических условий и составляет 4400–4800 ккал у мужчин и 3700–4100 ккал у женщин. Следует заметить, что все крупные соревнования последних лет проводятся в крытых дворцах спорта. МПК у мужчин 78 мл/кг/мин и у женщин 54 мл/кг/мин, соответственно. Легочная вентиляция при беге на коньках достигает 100–160 л/мин, потребление кислорода – 4–4,5 л/мин. Имеет место кислородный долг, особенно при беге на 500–1500 метров. У конькобежцев в покое пульс составляет 40–50 в минуту у мужчин, у женщин он несколько ниже. ЧСС во время бега резко возрастает и может достигать 190–200 и более в минуту. Концентрация лактата в крови возрастает до 16 и более ммол/л.

Велосипедный спорт. В зависимости от длины дистанции езда на велосипеде относится к работе максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной интенсивности. Работа максимальной мощности выполняется на дистанции 200 и 500 метров велосипедистом на треке; субмаксимальной – на дистанции 1000 метров; большой – на дистанции 5000, 10 000 и 20 000 метров и умеренной – на дистанции 100 км и более на шоссе.

Несмотря на некоторые затруднения дыхания во время гонок, легочная вентиляция у велогонщиков достигает 60–120 и более л/мин, а поглощение кислорода – 5 и более л/мин. МПК у мужчин составляет 75 л/кг/мин. Расход энергии у мужчин

5400–6000 ккал, у женщин – 4100–4600 ккал. ЧСС у велосипедистов-шоссейников в состоянии покоя в среднем составляет 45–50 в минуту. А во время гонки ЧСС зависит от темпа гонки, рельефа, климатических условий, функциональной готовности и может достигать 140–190 и более в минуту. При спурте, на финише ЧСС может достигать 200 и более в минуту. АД у велогонщиков низкое (гипотония). Показатели красной крови в пределах нормы, иногда у спортсменов, участвующих в многодневных велогонках, отмечается анемия и в моче определяется белок.

Гребля (академическая, на каноэ и байдарках). Греблей можно заниматься в любом возрасте, она относится к числу общеразвивающих упражнений и одновременно может служить отличным средством активного отдыха.

Движения гребцов сложны по координации, которая связана с подвижностью сиденья и малой устойчивостью академических судов (лодок). Это обязывает спортсмена постоянно поддерживать равновесие, особенно это важно в 2-, 4-, 6-местных судах.

Академическая гребля предъявляет большие требования к анализаторам, особенно проприоцептивному, осязательному, вестибулярному рецептору, периферическому зрению и слуху. Гребля способствует развитию скелетных мышц, особенно мышц спины, верхнего плечевого пояса, мышц живота и нижних конечностей, то есть крупных мышечных массивов. Суммарный расход энергии в академической гребле велик. У мужчин – 5200–5600 ккал, у женщин – 4200–4800 ккал. МПК – 62 мл/кг/мин у мужчин. Частота дыхания гребца совпадает с ритмом движений и равна в среднем 30–40 экскурсий в минуту. В процессе гонки дыхание меняется, к примеру, на финише оно увеличивается (учащается). Рациональное дыхание очень важно для гребца. Легочная вентиляция у квалифицированных гребцов достигает до 150 л/мин, это становится возможным за счет увеличения глубины дыхания. Дыхательная мускулатура хорошо развита у гребцов. ЖЁЛ может достигать шесть и более литров у мужчин и четыре и более литра у женщин.

Работа гребца проходит, как правило, в анаэробном режиме. Потребление кислорода у высококвалифицированных спортсменов может достигать 5–5,5 л/мин. Кислородный запрос при гребле на дистанции 1500–2000 метров в среднем составляет 50–60 литров, кислородный долг равен 20–30 % по отношению к запросу. ЧСС в покое в среднем равно 40–50 в минуту, а во время гонок может достичь 160–200 и более в минуту.

У гребцов при проводке весел в воде имеет место кратковременное натуживание, которое затрудняет венозный приток в правое предсердие и этим несколько осложняет работу сердца. Натуживание также ведет к повышению венозного давления. После интенсивных тренировок (соревнований) и охлаждения (переохлаждения), особенно весной и осенью, у гребцов в моче нередко появляется белок.

Плавание. Спортивное плавание включает четыре вида: вольный стиль (кроль), плавание на спине, брасс, баттерфляй. Дистанция на соревнованиях от 50 до 1500 метров. Плавание на дистанции 50, 100, 200 метров относится к субмаксимальной интенсивности; на 400, 800, 1500 метров – к большой интенсивности; при заплывах в море (15 км и 25 км) – к умеренной интенсивности.

Плавание осуществляется в водной среде, где температура – 25,5–28,5°С, это существенно влияет на работоспособность. Кроме того, плавание характеризуется горизонтальным положением тела пловца, что существенно влияет на работу сердца и легких – не тратится энергия на поддержание положения тела в вертикальном положении. Все это позволяет пловцу длительно выполнять большой объем работы, которую на суше он выполнять не может. Кроме того, пловец преодолевает

сопротивление воды, которое возрастает по мере повышения скорости плавания. Плавучесть зависит от телосложения техники выполнения движений, веса спортсмена и соотношения мышечной и жировой ткани.

Частота дыхания во время плавания (в зависимости от способа) может достигать 30–45 экскурсий в минуту. Легочная вентиляция при этом может достигать 90–100 и более литров в минуту, поглощение кислорода – 5,0–5,5 литров. МПК у мужчин 67 мл/кг/мин, у женщин – 57 мл/кг/мин. Расход энергии у мужчин 4200–4800 ккал, у женщин – 3600–4100 ккал.

Красная кровь в норме, но при интенсивных тренировках иногда отмечается снижение гемоглобина (анемия). Лактат после соревнований (или тренировки) может составлять 14–16 и более ммоль/л. Нередко у пловцов после длительных интенсивных тренировок и низкой температуры воды в бассейне отмечен белок в моче.

Игровые виды спорта. Спортивные игры (футбол, баскетбол, волейбол, хоккей, гандбол и другие) характеризуются разнообразием движений. Они включают бег, прыжки, броски мяча с места и в прыжке, удары, различные силовые элементы и тому подобные. Все эти движения выполняются в условиях взаимодействия (в борьбе) игроков. Изменение структуры движений и их интенсивности происходит во время игры непрерывно.

Некоторые виды игр (хоккей с шайбой, баскетбол, регби, гандбол и другие) носят скоростно-силовую направленность, которая отражается в тренировочном процессе. Спортивные игры способствуют развитию быстроты, силы, ловкости и других качеств. В зависимости от вида игр физиологические сдвиги в организме различны.

Расход энергии в игровых видах спорта зависит от размеров площадки, темпа и ритма игры, единоборства, квалификации спортсменов и их тренированности. Так, расход энергии у волейболистов, баскетболистов 4200–4500 (у мужчин) и 3600–3800 ккал (у женщин). МПК у баскетболисток 44 мл/мин/кг, у мужчин-баскетболистов – 53 мл/мин/кг, у футболистов, волейболистов (мужчин) – 58 мл/мин/кг и 57 мл/мин/кг соответственно. Частота дыхания (ЧД) в играх может составлять от 20–30 до 60 экскурсий в минуту. ЖЁЛ составляет от 3500 до 5000 мл, а у женщин – 3000–4500 мл. ЧСС в покое составляет от 45 до 55 в минуту, во время игры в хоккей с шайбой может достигать 160–200 и более в минуту, в баскетболе, футболе, гандболе – 140–180 и более в минуту. Лактат после игры (тренировки) может составлять 8–14 и более ммоль/л.

Водное поло – игра с мячом на воде. Ватерполисты выступают в спортивных плавках (с раковиной) и в специальных шапочках. Для водного поло характерны техника плавания кролем, когда голова поднята над водой, а гребок короче. Для ведения мяча дриблингом спортсмены используют носовую волну и двигают мяч головой. Основные технические приемы – это захват мяча с поворотом кисти, ловля мяча и броски.

Работа ватерполиста, в основном, осуществляется в аэробно-анаэробном режиме. Легочная вентиляция у ватерполиста высокая и может составлять (достигать) 100–160 и более литров в минуту, поглощение кислорода – 5,5–6 литров, МПК – 58 мл/мин/кг, ЖЕЛ – более 5 литров. ЧСС в покое 45–50 в минуту, а во время игры может увеличиваться до 160–190 и более в минуту.

Единоборства. *Борьба (вольная, греко-римская, самбо, дзюдо и другие) относится к единоборствам.* Средствами борьбы являются приемы, с помощью которых соперника захватывают, выводя из равновесия, и бросают на землю (ковер).

В борьбе сочетается скоростно-силовая работа со статическими напряжениями, она развивает силу, быстроту, ловкость. Для успешной двигательной деятельности борца необходимо развитие проприоцептивной чувствительности.

У борцов хорошо развита мышечная система, она адаптирована к работе преимущественно в анаэробном режиме. Расход энергии при борьбе очень высокий. При схватках он достигает в среднем 10–12 ккал и более за одну минуту. ЧД во время схватки увеличивается до 35–40 и более экскурсий в минуту. Отмечены моменты задержки дыхания и натуживания – во время захвата, подготовки к выполнению броска и при броске. Расход энергии от 3700 до 6000 ккал и более, в зависимости от весовой категории. Кислородная потребность зависит от интенсивности работы. Кислородный долг к концу схватки может достигать значительных величин. МПК составляет 57 мл/кг/мин. В состоянии покоя ЧСС в среднем составляет 45–60 в минуту. Во время схватки и особенно после схватки ЧСС достигает 180–200 и более в минуту. АД может повышаться до 150–160 мм рт, ст. (систолическое) и 80–100 мм рт. ст. (диастолическое). Лактат в крови после схватки повышен и составляет 8–10 и более ммоль/л. Для борцов характерна усиленная функция потовых желез – необходимо это учитывать при подготовке борца к схватке: его нельзя массировать с маслом и втирать масла.

Бокс представляет собой широко распространенный вид единоборств. Для занятий боксом необходимы большая выдержка, сила, мужество, ловкость, быстрота, твердость и решительность, а также другие специфические качества.

Расход энергии зависит от интенсивности работы, он выше у спортсменов малых весовых категорий и достигает 15–25 ккал в минуту. В общей сложности после тренировки расход энергии может составлять от 3700 до 6000 ккал в зависимости от весовой категории, температуры внешней среды и тренированности спортсмена. МПК составляет 55 мл/мин/кг. ЧД может достигать 35–50 экскурсий в минуту, а легочная вентиляция составляет от 80 до 120 и более литров. Поглощение кислорода может равняться 4–5 л/мин и имеет место кислородный долг. ЖЁЛ у боксеров в среднем 3500–4500 мл. ЧСС имеет тенденцию к замедлению и в покое составляет 45–55 в минуту. Во время боя ЧСС достигает 180–200 и более в минуту. После боя лактат в крови резко повышается и составляет 8–12 и более ммоль/л.

Фехтование – это вид спорта, в основе которого лежит единоборство в одном из видов спортивного холодного оружия. Занятия фехтованием развивают быстроту, ловкость, выносливость, самообладание, способность к молниеносным решениям и действиям в сложных ситуациях. В фехтовальном бою на рапирах, шпагах или саблях цель спортсмена состоит в том, чтобы в заданное время нанести сопернику определенное количество ударов (или уколов).

В современном фехтовании различают следующие виды оружия: рапира, шпага, сабля. Рапира и шпага – колющее оружие. Сабля – рубящее оружие. В фехтовании на рапирах и шпагах используют электроаппаратуру – после нанесения укола замыкается электроцепь и загорается лампочка. ЧСС во время боя увеличивается и может составлять 160–180 и более в минуту. МПК у мужчин 56 мл/мин/кг, у женщин – 44 мл/мин/ кг.

В фехтовании большое значение имеют зрительный, вестибулярный и двигательный аппараты. Зрительное восприятие, в основном, определяет все поведение фехтовальщика. ЧД увеличивается во время боя до 30–40 и более экскурсий в минуту. Расход энергии в связи с кратковременностью выполнения уколов и всей схватки незначительный. Легочная вентиляция у фехтовальщиков во время соревнований повышается до 60–100 л/мин. Расход энергии 3600–4200 ккал у мужчин и 3000–3600 у женщин.

Скоростно-силовые виды спорта. *Тяжелая атлетика (ТА)* – состязания по поднятию тяжести (штанги) – относится к таким видам спорта, в которых решающую роль играют в одинаковой мере физическая сила и техника. Работа носит динамический характер, а при удержании и фиксации штанги – статический характер. Важным при подъеме штанги является сохранение равновесия тела. Тяжелая атлетика развивает силу, быстроту. Движения штанги сложны по координации.

Расход энергии в состоянии основного обмена у штангистов (вне зависимости от весовой категории) составляет 86–96 % стандартных величин, что свидетельствует об экономизации окислительных процессов. Суммарный расход энергии на тренировках составляет от 3700 до 6000 ккал в зависимости от весовой категории. МПК составляет 56 мл/мин/кг.

Дыхание при подъеме штанги проходит при задержке дыхания и натуживании. В это время повышается внутрибрюшное и венозное давление. Легочная вентиляция и поглощение кислорода при подъеме штанги невелики. Работа мышц при подъеме штанги происходит преимущественно в анаэробных условиях, в связи, с чем кислородный долг может достигать 80–90 % кислородного запаса.

ЧСС зависит от веса штанги, повторяемости подходов и тренированности спортсмена и может достигать 160–185 в минуту, учащение ЧСС отмечается обычно после опускания штанги. В покое у штангистов пульс составляет 60–70 в минуту. АД у штангистов имеет тенденцию к повышению, это связано с задержкой дыхания и натуживанием во время тренировок. После тренировки имеется тенденция к понижению как систолического, так и диастолического давления. Натуживание при подъеме штанги создает определенные трудности в деятельности сердца, что нередко способствует развитию гипертрофии сердечной мышцы.

Сложнотехнические виды спорта. Понятие «гимнастика» включает в себя *спортивную и художественную гимнастику, спортивную акробатику.*

Спортивная гимнастика – система специальных физических упражнений, направленных на укрепление здоровья, совершенствование двигательных способностей человека, гармоническое физическое развитие. В спортивной гимнастике мужчины выступают на шести снарядах, а женщины – на четырех. Тренировки гимнаста направлены на совершенствование двигательного аппарата.

Расход энергии в связи с кратковременностью выполнения гимнастических упражнений незначительный. И только при многоразовом повторении упражнений, при тренировках 2–3 раза в день расход энергии может составлять 3000–3600 ккал у женщин и 3600–4200 – у мужчин. МПК у мужчин 60 мл/мин/кг.

В связи с разнообразием движений, положением тела в пространстве и наличием статических поз создаются определенные трудности для работы дыхательного аппарата. ЧД, глубина, ритм зависят от особенностей техники выполняемого упражнения. Некоторые упражнения выполняются при задержке дыхания и натуживании. Величина газового обмена при выполнении гимнастических упражнений зависит от характера движений и от групп мышц, вовлекаемых в работу.

Реакция сердечно-сосудистой системы на выполнение упражнений различна. Так, при выполнении вольных упражнений, где много акробатики, прыжков, бега, пульс ускоряется до 160–180 и более в минуту, а АД повышается до 130–150 мм рт. ст. (систолическое АД).

Функция внешнего дыхания не достигает больших показателей, это связано с большим количеством статических положений, а динамические упражнения, как правило, кратковременны. ЧД, например, при выполнении вольных упражнений определяется не столько потребностью организма в кислороде, сколько биохимическими изменениями органов дыхания, вызванными выполнением того или

иного упражнения. Кислородная задолженность после выполнения вольных упражнений достигает 85 %, а при выполнении упражнений на снарядах повышается до 98 %.

Фигурное катание. В фигурном катании темп, ритм, сложность выполняемых элементов сочетаются с музыкальным сопровождением. Фигурное катание включает одиночное катание (мужчины и женщины), парное катание и спортивные танцы на льду. Расход энергии зависит от вида выполняемых упражнений, их сложности, темпа и других факторов. Например, в одиночном катании (произвольная программа) и парном катании (у мужчин) расход энергии выше, чем в танцах на льду.

Расход энергии может составлять от 3000 до 4100 ккал. МПК составляет 58 мл/мин/кг. Легочная вентиляция может достигать 80–160 и более л/мин, потребление кислорода – 4,0–4,5 л/мин. Имеет место кислородный долг, особенно при выполнении произвольной программы, как в одиночном, так и в парном катании. ЧСС в покое составляет 45–50 в минуту, во время выступления может достигать 160–180 и более в минуту. Концентрация лактата в крови возрастает до 14–18 и более ммоль/л.

Другие виды спорта. *Спортивное ориентирование* является видом спорта, в котором участники, используя карту и космос, стараются как можно быстрее найти заранее отмеченные посты. Последовательная расстановка постов или трасса спортивного ориентирования требует от спортсменов способности ориентироваться на местности и беговой подготовки. Трасса должна проходить преимущественно в лесной полосе и по возможности в незнакомой для участников местности. Для ориентирования характерен интервальный бег на свежем воздухе, где напряжение сменяется отдыхом, физическая нагрузка – необходимостью сконцентрировать свое внимание. Такие условия благоприятно влияют на кардиореспираторную систему и являются прекрасным средством повышения физической работоспособности и здоровья, занимающихся людей различного возраста.

Расход энергии зависит от профиля трассы, подготовленности (тренированности) спортсмена, температуры воздуха и может составлять от 3500 до 5000 ккал. У женщин расход энергии меньше на 15–20 %, чем у мужчин. Легочная вентиляция в зависимости от темпа (скорости) бега и профиля трассы может составлять от 80 до 120–140 л/мин, МПК – 77 мл/кг/мин и 58 мл/кг/мин соответственно у мужчин и женщин. ЧСС в покое 45–60 в минуту, а во время соревнований (бега) может достигать 160 и более в минуту.

Альпинизм включает в себя переходы через горные перевалы, движение по скалам летом и зимой, движение по льду, фирну и снегу и движение в горах на лыжах. На практике все эти виды альпинизма применяются в комплексе.

К высокогорью относятся все возвышенности и горные вершины, окружность подошвы которых составляет более 2000 м. Различают отдельные горы, группы гор и горные цепи. Различные формы горной поверхности (гребни, ущелья, стены, кары и так далее) ставят перед альпинистом множество задач. Работа, в зависимости от высоты может быть максимальной, субмаксимальной и большой интенсивности. Имеют место гипоксемия и гипоксия тканей. При восхождении к кардиореспираторной системе предъявляются огромные требования, так как резко возрастают легочная вентиляция, ЧД, ЧСС. Работа проходит в аэробно-анаэробном режиме, но чем выше высота подъема, тем больше процент анаэробной работы. В крови резко повышается лактат, кислородный долг велик. ЧСС может достигать 160–190 и более в минуту. Чем больше высота, тем значительнее уменьшение (снижение) парциального давления. Так, на высоте 2500 метров давление падает до $^{2}/_{3}$ нормального, при высоте 5500 метров – до $^{1}/_{2}$, а при высоте 7500 метров – до $^{1}/_{3}$, то есть до 280 мм рт. ст. (норма – 760 мм рт. ст.).

Другие факторы, влияющие на работоспособность: понижение температуры, низкая абсолютная влажность, высокая солнечная радиация, сильный ветер и так далее. Сочетание всех этих факторов и характеризует высокогорный климат. По мере снижения парциального давления кислорода в атмосферном воздухе оно уменьшается и в альвеолярном воздухе. Отсюда возникают гипоксемия и гипоксия тканей (особенно мышц при выполнении физических нагрузок и еще в большей степени – мозга).

На возникновение гипоксемии и гипоксии тканей организм реагирует компенсаторными реакциями. Это, во-первых, усиление вентиляции легких (учащается частота дыхания, увеличивается глубина вдоха). В ответ на гипервентиляцию происходит повышение pH крови и образование оксигемоглобина. Во-вторых, повышается кислородная емкость крови, происходит рефлекторное выбрасывание крови из депо; в-третьих, увеличивается кровоток, то есть рефлекторно происходит учащение сердцебиений и повышение минутного объёма крови. Все вместе способствует доставке кислорода (O_2) тканям, особенно мозгу, сердцу и мышцам.

Для адаптации к гипоксии в подготовке спортсменов используют тренировки в среднегорье. Наиболее показаны такие тренировки в циклических видах спорта, с использованием адаптагенов.

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

Глава XVI. ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

Спортивная работоспособность в различных условиях внешней среды изменяется. Этому способствует комплекс воздействующих на организм средовых факторов. В основе изменений лежат приспособительные реакции. Спортсмены часто тренируются и выступают на соревнованиях в различных регионах России и за рубежом с расположением спортивных сооружений на разных уровнях моря, в горных и других климатических условиях.

Среднегорье и высокогорье. Среди многочисленных факторов горной среды, влияющих на человека, Ведущее значение принадлежит уменьшенному парциальному давлению кислорода и возникающей гипоксии. Специфически действуют в этих условиях и другие природные факторы, определяющие микроклимат типа усиленной солнечной радиации, высокой ионизации воздуха, резких изменений влажности и температуры. низко

Низкогорьем считается высота до 1000 метров над уровнем моря. Здесь спортсмен не испытывает (по сравнению с местностью, расположенной на уровне моря) отрицательного влияния недостатка кислорода даже при напряженной работе. По мере подъема на высоту организм попадает в среду с пониженным барометрическим давлением и парциальным давлением газов в атмосферном воздухе. На каждые 100 метров высоты при подъеме в горы атмосферное давление падает на 10 мм рт. ст. Высоты делят на среднегорье (от 1000 до 2500 метров) и высокогорье (выше 2500 метров).

Для человека главное значение имеет падение парциального давления кислорода, вызывающее гипоксию. Дефицит кислорода в атмосферном воздухе сопровождается снижением его парциального давления в альвеолярном воздухе и содержания в артериальной крови. Эффект разряжения плотности атмосферы связан с уменьшением внешнего сопротивления воздуха. На этой основе величина внешней работы на высоте меньше, чем на равнине. При подъёме на высоту через каждые 1000 метров температура воздуха снижается на 6,5°. Падает влажность воздуха, поэтому потери воды организмом в этих условиях значительно больше, чем на равнине. Это приводит к выраженной дегидратации организма при выполнении длительной работы. На высоте уменьшается сила гравитации, значительно возрастает солнечная и ультрафиолетовая радиация.

Тренировка в среднегорье, чаще на высотах 1500–2500 метров, используется в качестве дополнительного фактора адаптации. На высоте 2000 метров барометрическое давление составляет около 660 мм рт. ст. Развивается гипоксемия и гипоксия. Недостаток кислорода в крови улавливается хеморецепторами сосудов, которые запускают цепь приспособительных реакций, направленных на компенсацию недостатка молекул кислорода в окружающем воздухе. Рефлекторно стимулируется легочная вентиляция. Вне работы она повышается незначительно, что приводит к снижению парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе. Повышение легочной вентиляции при работе способствует достижению компенсаторного эффекта. Параллельно с интенсификацией дыхания увеличивается дыхательная поверхность крови, богатой эритроцитами, за счет мобилизации её из селезенки, печени, сосудов кожи, а также усиления эритропоэза в костном мозге под стимулирующим воздействием гормона почек эритропоэтина. На соответствующей высоте парциальное давление кислорода в альвеолах равняется 80 мм рт. ст. Это гарантирует достаточно высокое насыщение крови кислородом – более 90 % в легочных капиллярах – и

удовлетворение потребностей в нем мозга и сердца. На большей высоте содержание оксигемоглобина начинает круто падать, возникает комплекс симптомов горной болезни.

Во время максимальной работы на большой высоте при выраженном снижении барометрического давления уменьшается парциальное давление кислорода во всех звеньях кислородного каскада. Однако легочная вентиляция, повышенная в этих условиях до 200 л/мин, и другие физиологические механизмы препятствуют значительному падению парциального давления кислорода в крови и тканях. На уровне моря около митохондрий клеток оно составляет 10 мм рт. ст., на высоте 5600 метров – 5 мм рт. ст. Высотная гипервентиляция вызывает усиленное выведение из крови углекислоты, что приводит к гипокапнии (пониженному содержанию CO_2 в крови).

Снижение парциального давления кислорода крови при работе на высоте компенсируется увеличением сердечного выброса, в основном, за счет повышения ЧСС. Систолический объём крови существенно не изменяется. Величина АД несколько ниже на высоте или не отличается от таковой на равнине. Максимальные величины сердечного выброса, ЧСС и АД при предельных нагрузках одинаковы с аналогичными величинами для низкогорья. Однако они достигаются при более низкой интенсивности работы, чем на высоте моря. В среднегорье в состоянии покоя снабжение кровью миокарда снижается. Для покрытия расходов кислорода при работе коронарный кровоток увеличивается по сравнению с равниной на 10 % на высоте 2500 метров и на 30 % – 4000 метров. На этом фоне наблюдается уменьшение МПК.

При длительном пребывании в среднегорье развивается горная акклиматизация, то есть совокупность специфической адаптации к гипоксемии, гипоксии, гипокапнии. Формирующиеся адаптационные механизмы повышают функциональные возможности и ФР организма спортсмена.

Наблюдаются три периода в развитии акклиматизации и динамики ФР. Первый – с 3–7-го по 8–12-й дни, характеризуется снижением функционального состояния организма, проявляющимся в виде головных болей, повышении ЧСС, увеличении АД, носовых кровотечений. Второй – завершается к 15–25 дню приближением функционального состояния в покое к исходному уровню в условиях низкогорья. Третий – наступает после 20–25 дня пребывания в среднегорье. Организм в этом периоде адекватно переносит высоту и тренировочные нагрузки, имеет высокую работоспособность. При повторном пребывании в среднегорье акклиматизация происходит быстрее и легче, наибольшая работоспособность в этом случае устанавливается на 10–13 день.

При мышечной работе в условиях среднегорья значительно интенсифицируется дыхание, кровообращение в связи с повышением обмена веществ и кислородного запроса. Развивающаяся при высотной гипервентиляции гипокапния может вызывать сужение кровеносных сосудов в результате сокращения мышечной стенки сосудов. Особенно неблагоприятны для организма последствия сужения сосудов мозга. Вторичным эффектом гипервентиляции является сдвиг pH крови в щелочную сторону, что оказывает тормозящее влияние на деятельность дыхательного центра. Без адаптации к условиям среднегорья организм не способен совершать эффективную работу, хотя бы потому, что МПК в динамике, на каждые 100 метров подъема на высоту, снижается на 1 %.

Механизмы адаптации включают увеличение и стабилизацию легочной вентиляции после недельного пребывания в среднегорье. Одним из них является уменьшение чувствительности хеморецепторов и снижение возбудимости дыхательного центра. Не меньшее значение имеет повышение диффузионной способности легких и содержания эритроцитов за счет гемоконцентрации в первые дни

и истинного эритропоэза на 3–4-й дни пребывания на высоте, а также увеличение объёма циркулирующей крови, гематокрита и вязкости. Повышение гемоглобина крови поддерживает нормальное содержание кислорода в артериальной крови.

Возросший в первые дни сердечный выброс при выполнении работы субмаксимальной мощности снижается. Последовательное снижение связано с увеличением концентрации гемоглобина и уменьшением периферического сопротивления по причине расширения сосудов, АД падает. Повышение давления в малом кругу кровообращения и гипертрофия правого желудочка обеспечивают равномерное соотношение вентиляции и перфузии легких с уменьшенным различием в давлении кислорода между альвеолярным воздухом и кровью. В скелетных мышцах повышается концентрация миоглобина, увеличивается количество митохондрий и активность окислительных ферментов. Постепенно возрастает МПК и повышается ФР.

Механизм изменения функций организма в высокогорье аналогичен таковому в среднегорье. Однако сдвиги в системах оказываются значительно выше. Главным отличием является невозможность за счет интенсификации функций достичь полной компенсации в плане доставки кислорода. Так как организм работает при пониженном парциальном давлении кислорода во вдыхаемом воздухе, в условиях разреженной атмосферы. МПК на высоте 3000 метров падает на 20 % по отношению к уровню на низкогорье. При этом могут наблюдаться явления гипоксии мозга и сердца, в зависимости от индивидуальных особенностей организма и уровня тренированности.

Дальнейшее повышение высоты до 4000 метров приводит к снижению МПК на 40 %, гипоксия мозга усиливается. Это может осложниться эйфорией – немотивированным возбуждением человека с неадекватной оценкой окружающей действительности и лишенными логики двигательными действиями. Эйфория заканчивается внезапной потерей сознания. Продолжительность адаптации к горным условиям зависит от высоты. На уровне 2500 метров она длится 7–10 дней, 3500 метров – 15–21, 4500 метров – 21–25 дней.

Основные механизмы адаптации многофакторны. Это увеличение легочной вентиляции за счет уменьшения чувствительности хеморецепторов и снижение возбудимости дыхательного центра. Медленное повышение диффузионной способности легких (в основном у местных жителей), истинное повышение содержания эритроцитов (на 3–4-й день на высоте 3000 метров) и смещение кривой диссоциации гемоглобина влево в связи с увеличением 2,3-дифосфоглицератов. Градуальные изменения сердечного выброса на фоне повышения концентрации гемоглобина, расширение сосудов и снижение АД. Повышение давления в малом кругу и гипертрофия правого желудочка, обеспечивающие равномерное соотношение вентиляции и перфузии легких. Увеличение капилляризации тканей, повышение концентрации миоглобина в скелетных мышцах, содержания митохондрий и активности окислительных ферментов. Выше перечисленные процессы приводят к постепенному увеличению МПК и ФР.

Все направления акклиматизации к высотной гипоксии содержат в основе физиологические изменения, во многих отношениях сходные с теми, которые происходят в процессе тренировки выносливости на уровне моря. Это повышение аэробных возможностей организма, связанных с его кислородтранспортной мощностью и степенью утилизации кислорода для аэробной продукции.

Низкая температура. В зимних видах спорта на организм действуют низкие температуры. Они вызывают сужение кожных сосудов, усиливая теплоизолирующую «оболочку» тела в шесть раз. Это предотвращает снижение температуры «ядра» тела. Особенно суживаются сосуды кожи конечностей с падением кровотока в 100 раз. Сосуды головы и мозга суживаются в меньшей степени. Повышается теплопродукция,

появляется мышечная дрожь, что приводит к повышению потребления кислорода. Холодовая дрожь имеет место в покое и при слабых физических нагрузках. При увеличении их интенсивности дрожь исчезает, наступает стабилизация рабочей температуры. Холодные условия при тренировках (за исключением резкого снижения температуры при сильных морозах, сопровождающихся сильным ветром) не снижают температуру тела. Работоспособность не падает, так как сокращающиеся мышцы поддерживают температурный баланс организма.

Высокая температура. Во время мышечной деятельности, независимо от условий, в которых она осуществляется, теплообразование в мышцах возрастает в 15–20 раз. Увеличивается температура крови, раздражаются хеморецепторы сосудов и рефлекторно возникает теплоотдача. Она происходит тремя путями: за счет конвекции, радиации и потоиспарения. При мышечной деятельности отдачи тепла осуществляется, главным образом, путем потоиспарения. Этому предшествует расширение кожных сосудов. Механизмы теплорегуляции, особенно в жаркое время года, настолько напряжены, что температура марафонца при высокой влажности может достигать 39–40° С. В условиях соревнований спортсмен теряет с потом до 6 литров воды. При обезвоживании организма спортивная работоспособность падает, от перегрева может наступить тепловой удар. Высокая температура и влажность заметно нарушают водно-солевой баланс. Это выражается в изменении жидких сред организма и электролитов, необходимых для поддержания нормального состояния клеточных мембран, функции натрий-калиевых насосов.

Особенно заметно при обезвоживании падает работоспособность у нетренированных спортсменов. Обезвоживание приводит к уменьшению объёма плазмы крови, систолического объёма крови, объёма циркулирующей крови и венозного возврата её к сердцу. В плане компенсации систолического объёма крови повышается ЧСС. При продолжительной работе высокой мощности начинает снижаться МОК. Возбудимость и проводимость нервной и мышечной ткани падают, ослабляется сократительный процесс в скелетных и сердечной мышцах. Скелетные мышцы недополучают необходимого количества крови, в них возрастает анаэробная доля энергообеспечения. В крови нарастает молочная кислота, что угрожает нарушением гомеостаза. Кожный кровоток снижается с 78 до 34 л/мин, в связи с увеличением тонуса кровеносных сосудов. Повышение тонуса сосудов сменяется его снижением, сосуды расширяются, возникает диспропорция между кожным и мышечным кровотоком. Кровоснабжение работающих мышц еще больше ухудшается. При расширении кожных сосудов падает периферическое сопротивление току крови, снижается АД, может возникнуть обморок. Таким образом, к основным причинам, вызывающим снижение спортивной работоспособности, относится перегревание тела, быстрое обезвоживание и нарушение функций сердечно-сосудистой системы.

Постоянное пребывание в условиях жаркого климата вызывает адаптационные реакции, направленные на повышение устойчивости организма к высоким температурам. Адаптация осуществляется за счет усиления потоотделения, снижения температуры сердцевины тела («ядра»), хронотропной реакции сердца, в том числе при физических нагрузках. Потоотделение начинается при более низкой температуре кожи и тела, усиливаясь при повышении температуры среды.

Водная среда. Водная среда, в которой пребывает организм, занимаясь плаванием (подводным, синхронным и другими видами), предъявляет организму ряд особых требований. Согласно закону Архимеда, на тело, погруженное в воду, действует подъёмная выталкивающая сила, равная объему вытесненной телом воды. Тело удерживается в воде и сопротивляется потоплению за счет мышечной активности, которая создает противоположно направленную силу. Величина её колеблется в

зависимости от разницы в структуре тела индивидуумов (количества жира, объёма мышечной массы). У женщин выталкивающая сила колеблется от 1,6 до 4,7, у мужчин – от 4,9 до 5,8 кГ. В горизонтальном положении за счет выталкивающей силы пловец как бы находится в положении невесомости и испытывает «чувство воды». При плавании основная мышечная работа затрачивается на преодоление силы лобового сопротивления воды движению тела. Лобовое сопротивление тем больше, чем больше масса тела и скорость продвижения спортсмена. Расход энергии при плавании в 5–10 раз больше, чем при беге. На дистанции 100 метров работа в течение 50–60 секунд совершается за счет анаэробных механизмов. При плавании с увеличением дистанции возрастает аэробный компонент энергообеспечения. Тренированные пловцы расходуют в восемь раз меньше энергии, чем нетренированные. Высокотренированные спортсмены характеризуются высокими значениями МПК. У мужчин МПК в среднем составляет 5,2 литров, у женщин ниже – 3,6 литров. Нарастающее сопротивление водной среды на 50 % сказывается на динамике дыхания. Ритм дыхания синхронизируется с плавательными движениями. Фаза вдоха уменьшается, фаза выдоха увеличивается. В связи с сопротивлением дыханию заинтересованные мышцы работают с большим напряжением и потребляют большее количество кислорода, чем на суше. Частота дыхания увеличивается до 40–64 в минуту, повышается МОД. Горизонтальное положение тела облегчает деятельность сердечно-сосудистой системы. Максимальный сердечный выброс во время плавания не отличается от такого показателя у бегунов. ЧСС возрастает линейно с увеличением потребления кислорода. Максимальная частота пульса при плавании у мужчин составляет 185 в минуту, у женщин –190–200 в минуту. Венозный возврат к сердцу в связи с горизонтальным положением тела создает благоприятные условия для большего наполнения сердца кровью во время диастолы.

Регуляция температуры при нахождении тела в воде осуществляется при напряженной деятельности терморегуляторных механизмов. Температура воды в бассейне ниже, чем температура тела. Вода обладает большой теплоёмкостью и теплопроводностью. Теплоотдача оказывается больше, чем теплопродукция, хотя выработка тепла интенсивно стимулируется за счет рефлекторных воздействий водной среды на кожные рецепторы. Движение воды вдоль тела создает предпосылки для теплопотерь организмом спортсмена. Потеря тепла в воде, если она совершается быстро, представляет большую опасность для пловцов-стайеров и ныряльщиков. Во время плавания около 95 % энергии превращается в тепло. Поддержание теплового баланса возможно при температуре воды 33°. Самая низкая температура, при которой в условиях покоя может удерживаться тепловой баланс в воде, охватывает диапазон 22–32° (в зависимости от выраженности подкожного жира). Активное плавание приводит к быстрому охлаждению тела.

Таким образом, организм человека обладает надежными физиологическими механизмами, обеспечивающими широкие возможности приспособительных реакций. Однако соответствующие реакции не всегда полностью компенсируют влияние экстремальных воздействий со стороны внешней среды.

Смена климатических поясов. Выработанная в процессе эволюции взаимосвязь организма с окружающей средой является необходимым условием существования. Природные факторы подвержены периодическим изменениям. С ними связаны ритмические изменения жизнедеятельности организма человека. Ведущее положение занимает суточный ритм, который обеспечивает специфическую периодику основных физиологических функций. Суточная динамичность большинства из них обнаруживается в первые дни жизни. Подтверждением является разное состояние ЦНС в течение суток: бодрствование и сон. Функциональное состояние ЦНС определяет

уровень деятельности других систем организма. У взрослого человека показатели дыхания, кровообращения, температуры тела и других функций имеют минимальный уровень с 2 до 4 часов. Оптимальная активность их сохраняется до 13–14 часов. После некоторого снижения в дневные часы их уровень вновь повышается к вечеру, ночью прогрессивно снижается до минимального уровня. Суточный ритм физиологических отправлений достаточно устойчив. Ритм ФР в разные периоды суток менее четкий и может изменяться под влиянием соревновательных и напряженных тренировочных нагрузок. Как правило, ФР оказывается выше в дневные часы и ниже в утренние и вечерние. Наибольшим колебаниям (±7–10 %) подвержены показатели упражнений скоростно-силового характера, в меньшей степени – выносливости.

Быстрый перелет с Востока на Запад и в обратном направлении после пересечения нескольких часовых поясов приводит к рассогласованию суточных ритмов психофизиологических функций с новым поясным временем. В первые дни внешнее нарушение параметров отдельных биоритмов выражается в отсутствии согласования смены ночи и дня. Заметное нарушение функционального состояния организма человека наблюдается при пересечении 2–3-х часовых поясов, существенное – 4–5-и, резкое – 7–8-и. У лиц, занимающихся скоростно-силовыми видами, адаптация протекает быстрее, чем у лиц, тренирующихся на выносливость. Динамика специальной ФР спортсменов в новых поясно-климатических условиях состоит из нескольких фаз: снижение на 0,7–5,5 % на 2–5 сутки после перелета; неполное восстановление на 6–10 сутки.

Физическая работоспособность спортсменов в различных условиях среды может иметь следующие особенности:

1. В условиях повышенной температуры и влажности воздуха. Повышенное теплообразование при мышечной работе приводит к изменению механизмов теплоотдачи. Это снижает теплоотдачу путём проведения и конвекции, а также повышает испарение пота. В результате нарушается водный баланс организма, что вызывает напряжение функций сердечно-сосудистой системы. Повышенная влажность воздуха затрудняет теплоотдачу, что ведёт к накоплению тепла в организме и риску перегревания.

2. В условиях пониженной температуры воздуха. По мере снижения внешней температуры увеличивается температурный градиент между телом и окружающей средой. Соответственно, теплопродукция во время мышечной работы должна возрастать. Если мышечная деятельность недостаточно интенсивна, то температура тела падает, ниже нормальной (гипотермия).

3. В условиях пониженного атмосферного давления (среднегорья) и при смене поясно-климатических условий. Снижение барометрического давления создаёт гипобарические условия, главное значение для человека — уменьшение парциального давления кислорода. Другой эффект сниженной плотности атмосферы на высоте — уменьшение внешнего сопротивления воздуха движущемуся телу.

4. При смене поясно-климатических условий. Динамика специальной работоспособности спортсменов в новых поясно-климатических условиях представляет последовательную смену фаз: снижение (2–5 сутки после перелёта), неполное восстановление (6–10 сутки), превышение в последующем её исходного уровня.

Глава XVII. ИММУНИТЕТ, ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА

Методика построения тренировочного процесса является одним из основных факторов, определяющих *иммунный статус.* Использование напряженных нагрузок в современном спорте зачастую превосходит адаптивные способности организма и приводит к хроническому стрессу. При интенсивных физических тренировках снижается защитная функция кожи, слюны, падает фагоцитарная активность нейтрофилов, концентрация иммуноглобулинов, Т- и В-лимфоцитов, ослабляется первичный иммунный ответ. Иммунодепрессия проявляется периодически в течение годичного тренировочного цикла. В периоды развития феномена «исчезающих антител» организм спортсмена оказывается незащищенным и подвержен заболеваниям. Известны случаи внезапного развития фурункулеза, простудных инфекций у элитных спортсменов в преддверии крупных международных соревнований – Олимпийских игр и других форумов. Степень и продолжительность иммунодепрессии зависит от величины и длительности действия стрессорного агента. После прекращения напряженных нагрузок иммунный ответ восстанавливается. При частом повторении больших нагрузок нарушенные иммунные реакции могут закрепляться.

Иммунная система представлена клеточными элементами и гуморальными факторами, деятельность которых направлена на распознавание генетически чужеродного материала (антигена), поступившего извне или образовавшегося в организме в результате изменений при репродукции новых клеток. Одно из свойств иммунной системы заключается в способности отличать «свое» от «чужого». Иммунологическую функцию выполняет специализированная система клеток, тканей и органов, имеющая три специфические характеристики: генерализованность клеток, рециркуляция их по всему телу и выработка специфических антител к каждому антигену. Основным элементом иммунной системы является лимфоцит. Совокупность лимфоидных органов и тканей организма (вилочковая железа, селезенка, лимфатические узлы, лимфоциты костного мозга, крови и другие) составляет единый орган иммунитета. Лимфоциты совместно с макрофагами осуществляют основные типы иммунологического реагирования.

Различают неспецифические факторы защиты и специфические иммунологические реакции. К неспецифическим факторам относят:

– непроницаемые для большинства микроорганизмов кожные покровы, слизистые оболочки и продукты их деятельности (бактерицидные субстанции кожных секретов, соляная кислота желудочного сока, лизоцим слюны и другие);

– циркулирующие в крови гранулоциты (микрофаги) и тканевые макрофаги, обеспечивающие фагоцитоз чужеродных агентов;

– система комплемента, плазменные факторы свертывания крови.

Особенностью двух последних факторов является их непосредственное участие в иммунных реакциях. Макрофаги перерабатывают антигены в иммуногенную форму, обеспечивающую взаимосвязь Т- и В-лимфоцитов. Один из компонентов комплемента способствует лизису клеток, содержащих антигены.

Специфический иммунный ответ осуществляется лимфоидной системой, в которой различают центральные и периферические органы.

Выработка антител и накопление сенсибилизированных лейкоцитов происходит в периферических органах. Центральный орган Т-системы представлен вилочковой железой, реализующей иммунный ответ клеточного типа и состоящей из долек,

имеющих корковый и мозговой слои. Корковый слой заполнен малыми лимфоцитами, или тимоцитами. Они отличаются незрелостью и дифференцируются в зрелые Т-лимфоциты, мигрирующие в мозговой слой, затем в кровь. Кроме Т-лимфоцитов, вилочковая железа выделяет в кровь активные гормоноподобные вещества (тимозин и тимопоэтин), содействующие созреванию лимфоцитов в крови. Абсолютная масса железы увеличивается до периода полового созревания, затем снижается. Её лимфоидная паренхима составляет к 17 годам 50–55 % от массы органа, к 60 годам – 10 %. Удаление железы у новорожденных животных приводит к иммунным нарушениям.

Центрального органа В-системы у человека не обнаружено. Лимфоидные клетки возникают из кроветворных стволовых клеток костного мозга самоподдерживающейся популяции. Стволовая клетка – родоначальник всех клеток крови. Они выходят из костного мозга в кровоток, поступают в вилочковую железу, другие лимфоидные органы – дифференцируются на Т- или В-лимфоциты.

После дифференцировки в центральной лимфоидной ткани лимфоциты мигрируют в периферические лимфоидные органы – узлы, селезенку, пейеровы бляшки кишечника, миндалины, аденоиды. В периферических лимфоидных тканях Т- и В-лимфоциты реагируют с чужеродными молекулами. Т-система контролирует работу В-системы.

В лимфатических узлах основной структурой является фолликул. Первичные и вторичные фолликулы (центры размножения), расположенные в корковом веществе, содержат лимфоциты разной зрелости. Область лимфоидной ткани, примыкающая к лимфатическим фолликулам и граничащая с мозговой областью, называется паракортикальной зоной. Она является тимусзависимой и участвует в функционировании Т-системы иммунитета. Иммунный ответ по гуморальному типу (В-система) связывают с активацией центров размножения, расположенных в корковом слое. В селезенке лимфоидная ткань находится в синусоидах и преимущественно участвует в иммунных реакциях гуморального типа. Пейеровы бляшки расположены в слизистом слое тонкого кишечника и представляют собой совокупность отдельных зародышевых центров, окруженных компактными скоплениями лимфоцитов.

Т- и В-лимфоциты становятся морфологически различимыми только после стимуляции антигеном. Они включают широкий спектр клеток с различными функциональными характеристиками. Т-лимфоциты делятся на Т-эффекторы (киллеры), Т-хелперы, Т-амплифайеры, Т-супрессоры и Т -дифференцирующие лимфоциты. Т-эффекторы – клетки, осуществляющие лизис клеток-мишеней, определяющие противовирусный и, возможно, противоопухолевый иммунитет. Т-хелперы (помощники) влияют на В-лимфоциты, способствуют их пролиферации, дифференцировке в плазматические клетки, синтезирующие антитела против иммунизирующего агента. Т-супрессоры тормозят включение В-лимфоцитов в процесс дифференцировки, угнетают выработку антител и активность Т-эффекторов. Т-амплифайеры усиливают функции Т-эффекторов, Т-супрессоров, других клеток. Т-дифференцирующие лимфоциты взаимодействуют со стволовыми клетками костного мозга, влияют на миграцию и дифференцировку.

В-лимфоциты также делятся на ряд разновидностей: В-эффекторы, В-супрессоры и другие Основная функция В-лимфоцитов заключается в выработке антител. Уникальная особенность антител состоит в способности существовать в миллионах разновидностей. Каждая популяция антител имеет уникальный участок для связывания определенного антигена.

Антитела, называемые в совокупности иммуноглобулинами, образуют один из основных классов белков крови (20 % от суммарного белка плазмы). У человека

выделяют пять классов антител. Защитное их действие заключается в связывании антигенов и активизации макрофагов, направленных на уничтожение чужеродных агентов.

В иммунной системе имеются нулевые клетки – лимфоциты, не несущие отличительных маркеров Т- и В-лимфоцитов. Предположительно они являются предшественниками, которым предстоит приобрести характерные различия, или стареющими и аномальными лейкоцитами. Естественные «киллеры» не имеют выраженных маркеров. Они рассматриваются в качестве главных клеток, осуществляющих противоопухолевую защиту организма. Дифференцировка популяций лимфоцитов постоянно уточняется и далека от завершения.

Реализация иммунных реакций возможна при тесном взаимодействии Т -, В-лимфоцитов с обязательным участием макрофагов (А-клетки). Этот трехчленный механизм кооперации сложен, до конца не выяснен и рассматривается в различных вариантах. Предполагается, что макрофаги (А-клетки) переносят переработанный антиген, который «сшивает» Т- и В-лимфоциты. Антиген, обработанный макрофагом, распознается Т-хелпером, который посредством двух сигналов активирует В-лимфоцит. Последний запускает процесс выработки антител к определенному антигену. Т-супрессоры обладают способностью тормозить развитие клона антителпродуцентов, что обеспечивает развитие толерантности (тормозит синтез антител). Т-хелперы и Т-супрессоры выполняют функции основных регуляторов иммунной системы.

Каждый лимфоцит в ходе развития приобретает способность реагировать с определенным антигеном, хотя раньше не подвергался его воздействию. Согласно теории клональной селекции, это обусловлено наличием на мембране лимфоцитов белков-рецепторов, специфически соответствующих данному антигену. Иммунную систему образуют миллионы различных клеточных клонов. Клетка-предшественница детерминирована к выработке определенного антиген специфического белка-рецептора, поэтому все клетки клона имеют одинаковую антигенную специфичность.

Важную роль в иммунных реакциях играет система комплемента. Она представляет комплекс белков, включает около 20 компонентов. Комплемент дополняет действие антител, направленное на уничтожение чужеродных клеток. Он представляет неспецифический фактор защиты, принимающий участие в иммунном ответе. Комплемент вызывает лизис клеток с участием антител и привлекает фагоциты, повышая их способность поглощать и разрушать микроорганизмы.

Иммунная система обладает памятью. В связи с этим человек может приобретать пожизненный иммунитет к инфекционным заболеваниям. Если в организм впервые попадает антиген, через несколько дней проявляется первичный иммунный ответ (гуморальный или клеточный). Он быстро усиливается и затем плавно снижается. При вторичном попадании этого антигена (через несколько месяцев, лет) иммунная реакция проявляется быстрее, сильнее и продолжительнее. Она называется вторичным иммунным ответом. Он связан с клетками памяти. Сами клетки не дают ответа, но легко превращаются в клетки-эффекторы при последующей встрече с аналогичным антигеном. Теоретически и практически иммунная система всегда готова к немедленному ответу на известные организму чужеродные агенты.

Лимфоидная система в мозге отсутствует. Гематоэнцефалический барьер непроницаем для иммунокомпетентных белков. По данным последних лет, в спинномозговой жидкости имеются все виды Т- и В-лимфоцитов, выполняющих все специфические иммунные функции, и иммуноглобулины пяти основных классов. Генетические дефекты лимфоцитов костного мозга и крови не затрагивают иммунную

систему головного мозга, собственные клеточные популяции и белки спинномозговой жидкости образуют иммунный барьер мозга.

В иммунных реакциях принимают участие лимфоциты и нейроглиальные элементы мозга. Астроциты, кроме опорной, наделены функциями трофики, памяти и иммунитета. Они способны синтезировать и секретировать интерлейкин-1 и другие цитокины, необходимые для индукции иммунного ответа и синтеза антител. Астроциты также продуцируют простагландины, могут выполнять функцию макрофагов, представляющих антиген Т-лимфоцитам. Микроглиальные клетки способны трансформироваться в макрофагоподобные с выраженной фагоцитарной активностью.

Нейропептиды участвуют в нервной, гормональной и иммунной регуляциях. Иммуномодулирующие свойства нейропептидов обеспечивают передачу информации с нервной системы на иммунную систему. На лимфоцитах имеются рецепторы для нейропептидов, вырабатываемых нервными клетками. Это доказывает их участие в реализации эффекторного звена нейроиммунного взаимодействия. Рецепторы для иммунопептидов и цитокинов обнаружены в нейронах. Цитокины и интерферон, интерлейкин – регулируют функции эндокринной, нервной и иммунной систем. Механизм основан на свободном их прохождении через гематоэнцефалический барьер как низкомолекулярных белков. К биологическим эффектах интерферона, в частности, относится его возбуждающее действие на нейроны. Это отражается на поведенческих реакциях, характере сна и ЭЭГ. Интерлейкины, как неспецифические многофункциональные цитокины, влияют на деятельность ЦНС и через гипоталамо-гипофизарную систему – на эндокринные железы. Гипоталамическая область является местом взаимодействия всех видов регуляций в организме человека.

Иммунитет и двигательная активность сопровождается повышением деятельности функциональных систем организма человека, обеспечивающих работающие мышцы адекватным количеством кислорода. Активация ЦНС и эндокринной (симпато-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-кортикальной) системы направлена на оптимальную регуляцию работы сердечно-сосудистой, дыхательной и системы крови, участвующих в доставке кислорода и поддержании гомеостазиса. Тесная взаимосвязь регуляторных систем вызывает существенные изменения иммунной системы. Степень её заинтересованности связана с характером, величиной и продолжительностью нагрузок. Л. Х. Гаркави, М. А. Уколова и Е. Б. Квакина выделили три типа неспецифических адаптационных реакций, в которых одной из основных характеристик является выраженность иммунных реакций. Они определяются в зависимости от величины нагрузки и делятся на реакции: тренировки, активации и стресса (Селье).

Реакция тренировки выявляется у человека при использовании кратковременных нагрузок небольшой интенсивности. Подобные регулярные нагрузки широко применяются в практике физической культуры. Реакция тренировки проявляется повышением в крови гормонов щитовидной железы, коры надпочечников и вил очковой железы. Повышается иммунитет и сопротивляемость организма к стрессовым факторам, инфекционным заболеваниям.

Реакция активации возникает при нагрузках средней интенсивности, которые характерны для практики спорта. Повышение нагрузок приводит к дальнейшему возрастанию концентрации гормонов коры надпочечников и существенному увеличению активности вилочковой железы. Иммунитет продолжает возрастать.

Реакция стресса (Селье) проявляется при воздействии сверхсильных раздражителей. Стадия резистентности соответствует пику формы у высококвалифицированных спортсменов. Иммунитет в этот короткий временной

интервал может снижаться, поэтому вероятность инфекционных заболеваний весьма велика. Это сопровождается резким возрастанием концентрации глюкокортикоидов, угнетающих деятельность вилочковой железы и иммунитет. По данным министерства здравоохранения РФ, смертность при эпидемиях гриппа наблюдается у детей, лиц пожилого возраста и высококвалифицированных спортсменов. Наибольшее снижение иммунологических реакций имеет место в стадию истощения, которая может соответствовать состоянию перетренированности.

Представители научного направления под названием «антропомаксимология» считают, что резервы организма человека значительно выше, чем представления о них. Их эффективная максимальная реализация осуществляется по «закону рациональности». Суть закона состоит в том, что в зоне сверхнапряжений организм функционирует на большом уровне экономичности. Высокая надежность адаптации связана с выраженной пластической функцией нервной системы человека, выражающейся в способности к перестройке координационных отношений, выработке новых сложных форм поведения (Л. А. Орбели). Широкие возможности адаптации основаны на наличии у человека биологических, заложенных в генетическом фонде и приобретенных в результате опыта социальных резервов. Величина резервов имеет динамику в онтогенезе.

К биологическим резервам относятся биохимические и физиологические резервы. Биохимические определяют скорость протекания и объем энергетического и пластического обмена, их регуляцию. Физиологические резервы регулируют интенсивность функционирования органов и систем. При реализации резервов осуществляется взаимодействие между внутренними органами, системами и достигается адекватный для конкретных условий уровень активности организма. На основе обычных механизмов регуляции поддерживается гомеостаз, переработка информации, координация вегетативных функций и двигательных актов.

К социальным резервам относятся психологические резервы и спортивно-технические (профессиональные). Первые определяет социальная мотивация деятельности, вторые – организация тактико-технических особенностей моторных актов. Психологические резервы обеспечивают надежность деятельности спортсмена – эффективно и стабильно выполнять поставленные задачи в экстремальных условиях тренировок и ответственных соревнований. Резервы организма представляют гетерогенную биосоциальную систему, фундаментом которой являются биохимические, а вершиной психологические резервы.

В условиях повседневной жизни человек без волевых усилий свободно выполняет работу в пределах 35 % собственных возможностей. Работа с нагрузкой от 35 до 50 % требует волевых усилий и сопровождается физическим и психическим утомлением. При нагрузке от 50 до 65 % резервы мобилизуются произвольно с большим напряжением воли и вызывают истощение организма. «Порог мобилизации» резервов лежит выше нагрузок, равных 65 % абсолютных возможностей. За этой границей остаются автономно охраняемые резервы, произвольная мобилизация которых при посредстве волевого усилия невозможна. Они составляют неприкосновенный запас и никогда полностью не используются, исключая случаи борьбы за жизнь. Частично этот запас может расходоваться под влиянием допинга. Снижение запаса грозит серьезными осложнениями, вплоть до смерти. В практике спорта зафиксированы случаи внезапных смертей спортсменов в связи с приемом допинга.

По очередности мобилизации физиологические резервы подразделяют условно на три эшелона. Первый эшелон мобилизуется сразу при переходе от состояния покоя и проявляется в усилении деятельности органов. Он ограничивается появлением чувства

усталости. Механизмом мобилизации резервов является система условных и безусловных рефлексов. Второй эшелон мобилизуется при возникновении ощущения усталости, когда организм попадает в экстремальную ситуацию, связанную с изменением внешней и внутренней среды при физических усилиях. Он включается в процессе адаптации к соревновательным нагрузкам. При реализации резервов второго эшелона возможен произвольный отказ, продолжать работу по причине появления неприятных, часто болевых ощущений. Это характерно для спортивных достижений высокого класса. Третий эшелон резервов используется организмом в борьбе за жизнь в агональном состоянии.

К основным характеристикам физической подготовленности относятся двигательные качества и эффективное выполнение работы различной мощности. Каждый из этих показателей развивается и проявляется на базе конкретных физиологических резервов. Для качества силы это синхронное возбуждение ДЕ, своевременное вытормаживание мышц-антагонистов, координация сокращения мышц-синергистов, повышение энергетических ресурсов мышечных волокон, переход от режима одиночных к тетаническим сокращениям, переход в сокращение из положения выраженного растяжения мышечных волокон. Резервы качества быстроты базируются на времени проведения возбуждения по проводящим путям и через синапсы, на процентном содержании в мышцах быстрых волокон, скорости переработки информации в определенной ситуации. Качество выносливости, обеспечивающеё продолжительное выполнение работы, связано с мощностью механизмов, удерживающих гомеостаз, запасами в организме энергетических веществ и возможностью их использования, процессами биоэнергетики, координацией активности анимальных и вегетативных систем.

Основной вклад в механизм выносливости вносят: сердечно-сосудистая (СОК, МОК) система; респираторная (ДО, МОД, скорость диффузии CO_2 и кислорода через альвеолярную мембрану) система; кислородная ёмкость крови (количество эритроцитов и гемоглобина); ёмкость буферных систем; терморегуляция (потоотделение, расширение кожных сосудов, скорость кровотока); функции выделительной системы (потовые железы, почки); чувствительность организма к гипоксии, сдвигу ионных осмотических концентраций, перегреванию и переохлаждению; координация активности двигательных и вегетативных функций (быстрое включение нейрогуморальных механизмов регуляции, обеспечение их длительной работы и быстрого восстановления).

При анаэробной алактатной работе мобилизуются преимущественно клеточные резервы (АТФ, КрФ), резервы, обеспечивающие быстрый переход возбуждения на нервную и мышечную клетку (скорость де- и реполяризации, активность холинэстеразы). При анаэробной гликолитической деятельности мобилизуются тканевые физиологические резервы (буферные системы, резервная щелочность крови) и энергетика (гликолиз). При аэробно-анаэробной работе используются органные и системные резервы предельного повышения активности сердечно-сосудистой и терморегуляторных систем, энергетики (аэробные процессы, глюкоза). При аэробной работе мобилизуются физиологические резервы целостного организма (переключение энергетики на преимущественное использование жиров, глюконеогенез, терморегуляция, водно-солевой обмен).

Физическая активность способствует укреплению иммунитета, делая организм спортсмена более устойчивым к вирусам, инфекциям и другим заболеваниям. Большой рабочий диапазон физиологических функций происходит в результате накопления и использования резервов, способности их реализовать при низком уровне оперативного покоя и резко повышать функциональные характеристики при высоких

нагрузках. Проявление максимальных возможностей человеческого организма возникает при экстремальных ситуациях в спорте, профессиональной деятельности, в быту за счет использования резервов. Оно может быть вариантом выраженной адаптации к высоким тренировочным нагрузкам, а также проявляться вне экстремальной ситуации при внезапной разовой работе под влиянием эмоционального возбуждения.

Глава XVIII. ВЛИЯНИЕ СПОРТИВНЫХ НАГРУЗОК НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОРГАНИЗМА ЖЕНЩИН

Проблемы женского спорта сложны и многогранны. Женщины занимают прочное место в международном физкультурном движении. Расширяется круг спортивных дисциплин, ранее считавшихся мужскими: бег на длинные и сверхдлинные дистанции, борьба, футбол, водное поло, тяжелая атлетика, тройной прыжок.

В физиологическом плане необходимо выявление закономерностей становления организма женщины в онтогенезе. Учёт этих закономерностей при первых спортивных шагах девочки. Знание особенностей адаптации женского организма к различным физическим нагрузкам, специфики и быстроты процессов восстановления, взаимоотношения желез внутренней секреции. Влияния нагрузок на функции половых желез и, наоборот, активности желез на спортивную работоспособность женщин. И самое важное, изучение физиологии закономерностей тренировки беременных и восстановления спортивной формы после родов.

Функциональные особенности женского организма. Известные различия в спортивных достижениях женщин и мужчин связаны с разницей в размерах тела (росте, массе), составе и строении тела. Женщины, в среднем, легче, ниже ростом, имеют меньшую мышечную массу (30 % массы тела и 18 кг) по сравнению с мужчинами (40 % и 30 кг). Содержание жировой ткани у женщин больше (30 % массы тела, у мужчин – 20 %). У спортсменок-стайеров содержание жира в организме снижается до уровня нетренированных мужчин. В связи с этим ниже содержание воды – 50 % от массы тела (у мужчин – 60 %). В некоторых видах спорта, к примеру, в плавании, большая жировая масса создает выталкивающую силу, облегчая адаптацию к нагрузке. Достаточное количество жира является условием поддержания нормального уровня половых гормонов, при избыточном похудании с потерей 10–15 % жира возникает эстрогенная недостаточность и угнетение овариально-менструального цикла (ОМЦ). Это часто наблюдается у спортсменок-стайеров.

Отличия в пропорциях тела женщин сказываются на спортивной технике, быстроте, ловкости. Короткие конечности, длинное туловище, широкий таз, узкие плечи обеспечивают устойчивость равновесия за счет сравнительно низкого положения общего центра тяжести, но снижают эффективность движений. Хорошая подвижность позвоночника и эластичность связок обусловливают высокий уровень гибкости. У женщин чаще встречается высокий свод стопы и реже плоскостопие, с чем связана красота движений.

Разница в размерах тела и отдельных органов определяет половые отличия в работоспособности. Аэробная производительность нетренированных женщин в среднем на 20–30 % ниже, чем у мужчин. МПК составляет в среднем 2,5–3 л/мин. Возможны индивидуальные вариации: у 76 % женщин МПК совпадает с аналогичной величиной у 46 % нетренированных мужчин. При расчете относительно массы тела различия уменьшаются, относительно мышечной массы – исчезают. Ограниченные аэробные возможности определяют низким порогом анаэробного обмена (ПАНО).

Следует также отметить, что физиологические показатели на физические нагрузки у женщин ниже, чем у мужчин. У женщин максимальная рабочая производительность и максимальное потребление кислорода меньше, чем у мужчин. Это связано с меньшими объёмами сердца и крови, которые ограничивают пределы возрастания минутного объёма сердца. Ударный объем в среднем во время нагрузки в положении лежа равнялся 99 мл у женщин и 120 мл у мужчин, не занимающихся

спортом. Минутный объем сердца у мужчин и женщин в возрасте от 20 до 31 года во время максимальной нагрузки в положении сидя составляет 24,1 и 18,5 л/мин, соответственно.

Меньшая аэробная работоспособность связана с более низкими резервами кардиореспираторной системы женщин. По сравнению с мужчинами, они имеют меньший объем, массу и некоторые функциональные показатели сердца: систолический объём крови (СОК) и минутный объём крови (МОК) –50–60 мл и четыре литра, соответственно. Меньшему систолическому объёму крови сопутствует увеличение ЧСС (70–80 в минуту) и скорости кровотока. МОК полностью не компенсируется, так как достигается менее эффективным путем – в большей степени за счет прироста ЧСС. У нетренированных женщин МОК может возрастать до 18,5 литров (у мужчин – до 25 литров), СОК – до 120 мл (у мужчин – до 150 мл).

Женщины имеют меньшие резервы внешнего дыхания по причине меньшего объёма грудной клетки, легких, меньшей силы дыхательных мышц. Величина ЖЁЛ ниже, чем у мужчин, в среднем на один литр. Соответственно меньше глубина дыхания, больше – частота. Минутного объёма дыхания (МОД) в покое составляет 3–5 л/мин. Рабочее увеличение МОД достигает 100 литров (80 % от максимума у мужчин) менее эффективным путем – за счет большего увеличения частоты дыхания. Это сопровождается более выраженным утомлением дыхательных мышц. Мужчины превосходят женщин по величине максимальной вентиляции легких.

Для женщин характерно меньшее содержание эритроцитов ($4{,}5x10^{12}$/л) и гемоглобина (120–140 г/л*)* в крови, меньший объем циркулирующей крови на кг массы тела. Более низкий уровень гемоглобина связан с небольшим количеством в крови мужских половых гормонов (андрогенов), стимулирующих эритропоэз. Более низкая концентрация гемоглобина определяет меньшую кислородную емкость артериальной крови – 16,8 об% (у мужчин – до 19,5 об%). Аналогичный показатель венозной крови соответствует таковому у мужчин. Это определяет меньшую величину артериовенозной разницы по кислороду и эффективность его отдачи тканям. Содержание миоглобина в мышцах ниже, чем у мужчин. Более низкие кислородно-транспортные возможности и величина МПК, в основном, определяются содержанием гемоглобина (в среднем 555 и 805 грамм во всем объеме крови). У женщин и мужчин с одинаковым общим содержанием гемоглобина существенная разница по МПК отсутствует. Дефицит гемоглобина компенсируется в организме женщин за счет увеличения МОК. В расчете на потребление один литр кислорода МОК на 10–15 % больше, чем у мужчин.

Анаэробная производительность у женщин также ниже, чем у мужчин. Анаэробно-алактатные возможности, определяемые резервами АТФ и КрФ, на 20 % ниже в связи с меньшим объемом мышечной массы. Концентрация АТФ и КрФ в мышцах представителей обоего пола не отличается, поэтому при наличии меньшей массы мышц скорость бега на 100 метров относительно массы тела у женщин больше, чем у мужчин (9,5 и 8,4 м/мин/кг). Таким образом, женщины могут быть несколько быстрее мужчин, когда скорость их бега соотносят с весом тела**.** Резервы анаэробного гликолиза и гликогенолиза меньше, что проявляется в сравнительно низком уровне МКД и максимальной концентрации молочной кислоты в крови.

Для женщин характерна специфика проявления физических качеств. Сила и её топография у женщин и мужчин неодинакова. Абсолютная сила у женщин меньше. Различия в относительной силе сглажены. Топографически слабые мышцы верхнего плечевого пояса обнаруживают на 30–60 % меньшую силу, более сильные мышцы ног, особенно бедер – на 20–30 % большую силу. Женские мышцы отличаются более

тонкими волокнами. Процентное содержание быстрых и медленных волокон зависит от генетических факторов, а не от половой принадлежности.

Женщины обладают высокой способностью к переработке речевой информации, регуляции движений и превосходят мужчин в вербальной памяти. Учитывая это, необходимо использовать при обучении метод рассказа. Женщинам присуща более высокая эмоциональность и возбудимость. Цифровая память и скорость переработки первосигнальной информации у женщин ниже, поэтому решение новых задач, особенно в условиях дефицита времени, затруднено. Они легче выполняют стандартные задания. Имеют место индивидуальные варианты элементарных проявлений быстроты: ЛВДР, скорости и максимальной частоты движений, которая зависит у представителей обоего пола от генетически обусловленного типа нервной системы.

Функциональная экономизация и устойчивость к факторам развивающегося утомления достаточно высока. Причинами являются: более низкий, чем у мужчин, уровень основного обмена, меньшие энерготраты в расчете на массу тела; более совершенная терморегуляция в связи с равномерным расположением потовых желез на поверхности тела, богатством капилляров кожи, более чувствительными терморецепторами, усилением кожного кровотока под влиянием женского полового гормона. Названные факторы способствуют равномерной отдаче тепла, снижают степень перегревания, обезвоживания и обессоливания организма при работе. Имея большие запасы жира, организм женщины легче, по мере расходования углеводов, переходит на утилизацию жирных кислот, предотвращая развитие гипогликемии и гипоксии мозга. Высокая кроветворная функция обеспечивает устойчивость к кровопотерям, в том числе к гемолизу на сверхдлинных дистанциях. Больший просвет коронарных сосудов, проявляющийся в раннем онтогенезе, способствует эффективному кровоснабжению сердца.

В общебиологическом плане женщины характеризуются большей, по сравнению с мужчинами, приспособляемостью к резким изменениям внешней среды (голоданию, температурным сдвигам). В целом, качество выносливости у женщин выше. При беге на марафонскую дистанцию они способны продолжить бег после финиша.

По экономичности техники бега женщины уступают мужчинам в связи с морфологическими и функциональными особенностями двигательного аппарата и его регуляции (короткие ноги, частые шаги, большая амплитуда колебаний тела). Энерготраты в расчете на килограмм массы тела выше: при ходьбе на 6–7 %, при беге – на 10 %.

Женщины, в среднем, обнаруживают более низкий уровень развития быстроты. Это связано с функциональными особенностями ЦНС. Женщины обладают хорошей общей выносливостью к длительной циклической аэробной работе. Однако небольшая функциональная мощность аэробных систем ограничивает скорость стайерского бега. Общая выносливость у женщин достигает максимальных показателей к 18–22 годам, скоростная – к 14–15 годам, статическая – к 15–20 годам. Большую статическую выносливость имеют мышцы-разгибатели туловища, у мужчин – сгибатели. Качество ловкости определяется индивидуальными особенностями. Базой для его развития и проявления является высокая чувствительность кожных рецепторов, двигательной и вестибулярной сенсорных систем, тонкая дифференцировка мышечного чувства. Эти функциональные особенности обеспечивают надежную координацию, четкость, плавность и красоту движений. Женщины обладают острым зрением, широким полем зрения, высокой способностью оценки глубины пространства и цветовой гаммы. Они тонко различают высокочастотные звуки. Качество гибкости достаточно развито у

девочек; и наиболее благоприятный период её развития – 11–14 лет. У девушек, не занимающихся спортом, гибкость начинает снижаться после 16–17 лет.

Влияние систематических физических нагрузок на организм женщин. Физическое развитие, функциональное состояние и адаптивные реакции организма женщин зависят от уровня двигательной активности. Оптимальная доза движений стимулирует развитие и укрепляет здоровье молодого организма. Направленность физиологических адаптационных реакций при систематических занятиях спортом у представителей обоего пола одинакова. Тренировка выносливости значительно повышает кислородно-транспортные возможности организма. Изменяется объем циркулирующей крови, увеличиваются артериовенозная разница по кислороду за счет рабочей гемоконцентрации, повышающей кислородную емкость артериальной крови, и более полной утилизации кислорода в тканях. Возрастает объем сердца, максимальный СОК и МОК, функциональные возможности аппарата внешнего дыхания.

По физиологическим показателям, связанным с аэробной работоспособностью, тренированные женщины обгоняют нетренированных мужчин. Не исключено, что их высокая аэробная работоспособность обусловлена генетическими и фенотипическими факторами под влиянием оптимальных тренировок. Тренировочный эффект находится в обратной зависимости от исходного уровня МПК и возраста спортсменок. Прекращение тренировочной работы ведет к снижению МПК, уменьшению содержания гемоглобина, другим изменениям, характерным для мужчин прекративших или уменьшивших объём физических занятий. Снижение МПК у юных легкоатлеток наступает через три месяца после прекращения тренировок.

Мышечная сила у женщин тренируется меньше, чем у мужчин, в связи с более низким содержанием в организме мужских половых гормонов надпочечников (андрогенов). Силовая тренировка уменьшает объем жировой ткани, совершенствует внутри- и межмышечную координацию. Рабочая гипертрофия мышц выражена меньше.

В ходе многолетней подготовки у женщин, в отличие от мужчин, резко улучшаются спортивные результаты, но у спортивной элиты из спорта высших достижений сохраняются меньшее время.

Менструальный цикл и физическая работоспособность. Основная физиологическая особенность женского организма состоит в том, что все функциональные изменения, происходящие в нем, направлены на создание условий для оплодотворения и беременности. Феноменом, непосредственно связанным с репродуктивной функцией, является овариально-менструальный цикл (ОМЦ). Он состоит в закономерных циклических изменениях функций половых желез с одновременными колебаниями физиологического состояния ЦНС, кардиореспираторной и других систем организма. Впервые цикл появляется у девочек в диапазоне от 12 до 14 лет (иногда 9–10 лет). Продолжительность его, в среднем, составляет 28 дней (с колебаниями от 21 до 42 дней). В яичниках новорожденной девочки заложено 40000 незрелых яйцеклеток. В течение детородного периода полностью созревают 400–500 половых клеток. ОМЦ включает взаимосвязанные и гормонально обусловленные отдельные, параллельно протекающие циклы: яичниковый, маточный и менструальную волну (цикличность функций других систем).

Нейрогуморальная регуляция менструального цикла осуществляется корой больших полушарий, гипоталамусом, гипофизом, яичниками, периферическими тканями и органами, реагирующими на половые гормоны. На последовательных этапах регуляции принимают гормоны: гонадолиберин гормон**,** фолликулостимулирующий гормон (ФСГ), лютеинизирующий гормон (ЛГ), лютеотропный гормон (ЛТГ), эстрогены, прогестерон и, частично, андрогены.

Половые гормоны обладают широким диапазоном действия, влияя на все органы и ткани. Эстрогены (эстрадиол, эстрон и эстриол) вырабатывают клетки стенок фолликула (пузырька), в котором созревает яйцеклетка. В фолликуле образуется и тестостерон, способствующий овуляции. Эстрогены оказывают анаболическое влияние на обмен веществ, особенно выраженное в отношении половых органов во время беременности; действуют на поведение, способствуя формированию полового инстинкта. Стимулируют образование антител, повышая иммунитет, выработку адренокортикотропных гормонов (АКТГ), обеспечивающих выделение адаптивных гормонов коры надпочечников. Антидиуретическое действие эстрогенов ограничивает выделение воды и солей из организма. Прогестерон образуется в желтом теле яичников, временно функционирующем как железа внутренней секреции. Благоприятствует развитию и сохранению беременности. Понижает возбудимость ЦНС и терморегуляторного центра. Обладает катаболическим действием, повышает температуру тела, эластичность мышц и связок. В крови женщин циркулирует значительное количество андрогенов. Из них в жировой ткани образуется $^1/_3$ эстрогенов. Взаимодействие андрогенов и эстрогенов необходимо для биосинтеза белка.

Режим тренировочного процесса программируется с обязательным учетом пяти фаз ОМЦ. Первая фаза – менструальная – продолжается с 1 по 3–7 дни ОМЦ, связана со спазмом, омертвением капилляров слизистой матки и её отторжением, сопровождающимся разрывом мелких сосудов и кровотечением (50–200 мл крови). Вторая фаза – постменструальная – продолжается с 4–7 по 12–14 дни, характеризуется ростом фолликула в яичнике, созреванием яйцеклетки, возрастающим синтезом эстрогенов и развитием слизистой матки. Третья фаза – овуляторная – с 13 по 14 день, отличается разрывом созревшего фолликула, выходом яйцеклетки и продвижением её по маточным трубам в матку. Четвертая фаза – постовуляторная – длится 14 дней (с 15 по 26), заключается в формировании желтого тела из остатков фолликула и выделении им гормона прогестерона. Гормон активирует развитие кровеносных сосудов и секреторные процессы в слизистой матки. В ситуации отсутствия оплодотворения и беременности желтое тело через 10–12 дней подвергается обратному развитию. Пятая фаза – предменструальная – наступает за 2–3 дня до менструальной фазы. Она связана с регрессом желтого тела и прекращением секреции прогестерона.

В регуляции менструальной функции большую роль играют гонадолиберины гипоталамуса. Они запускают каскад гормональных процессов – вызывают выделение из гипофиза фолликулостимулирующего гормона ФСГ, обеспечивающего рост фолликулов в яичнике, и ЛГ, управляющего циклом выхода яйцеклеток из фолликулов. В середине менструального цикла эстрогены вызывают выброс из гипофиза ЛГ и процесс овуляции.

В гипоталамусе зрелой женщины функционируют два центра: тонический, который обеспечивает постоянный синтез гонадолиберинов, и циклический, определяющий периодическое его усиление. Ритмическое выделение специализированными структурами половых гормонов, их взаимодействие, влияние на активность органов и систем создают в организме женщины условия для возникновения ситуации беременности. Парасимпатические и симпатические влияния вегетативной нервной системы определяют полноценность эндокринной функции яичников за счет повышения их чувствительности к действию гормонов гипофиза.

Адаптация женщин к большим тренировочным нагрузкам тесно связана с уровнем половых гормонов. Развитие двигательных качеств, рост спортивных результатов у девочек-подростков зависит от индивидуальных темпов полового

созревания. Нарушения функции половых желез приводят к снижению спортивных результатов.

В то же время, физические нагрузки определяют состояние половых желез у девочек и женщин. Умеренные упражнения в рамках физической культуры благоприятно сказываются на состоянии половой сферы, физическое развитие в период роста и формирования девушек. У 87 % женщин, активно занимающихся физической культурой, легче протекают роды, рождаются здоровые дети. Влияние больших нагрузок зависит от правильного построения тренировочного процесса с учетом фаз овариально-менструального цикла (ОМЦ). На животных установлено, что малые физические нагрузки не вызывают изменений в яичниках. Постоянные чрезмерные нагрузки в 60 % случаев нарушают гормональную и репродуктивную функции у крыс, приводят к гибели яйцеклеток, обратному развитию желтых тел, атрофии матки. Тренировки с чередованием больших, малых и средних нагрузок в микроциклах влияют благоприятнеё.

С учетом колебания уровня гормонов и состояния всех функциональных систем при формировании программы тренировочных занятий, необходимо учитывать принцип биологической цикличности, связанный с особенностями организма женщины. В предменструальную и менструальную фазы, в овуляторные дни снижается умственная работоспособность, повышается функциональная стоимость выполняемой работы, возникает состояние физиологического стресса.

В первой фазе ОМЦ изменяется нервно-психическая сфера женщины: появляется вялость, безразличие или повышенная раздражительность, ухудшается зрительный контроль над выполняемыми действиями, эмоциями, нарушается взаимопонимание с партнерами, тренером, судьями. Остро переживаются неудачи. В ЦНС усиливаются тормозные процессы, снижается чувствительность сенсорных систем. Существенно ослабляется точность игровых приемов, падают показатели объёма и устойчивости внимания. Происходит задержка воды в организме. Снижается аэробная производительность за счет уменьшения концентрации эритроцитов, гемоглобина и кислородной емкости крови. Нивелируется экономизация сердечно-сосудистой и дыхательной системы при нагрузках. Резко падает уровень обмена веществ, в том числе белкового. В результате снижается общая и специальная работоспособность, быстрота, выносливость, сила. Гибкость улучшается. К этой фазе следует приурочивать первый тренировочный – «втягивающий» – микроцикл (с 1 по 7 день). Он состоит из двух фаз: восстановительной, или «фазы сниженной работоспособности»; «фазы постепенно повышающейся адаптации».

При снижении общего объёма нагрузок следует использовать упражнения на гибкость, расслабление, с участием верхних конечностей. В связи с некоторой дезавтоматизацией двигательных навыков проводится коррекционная работа по совершенствованию спортивной техники, постепенно увеличиваются скоростные нагрузки. Глобальные статические усилия, упражнения с настуживанием, участием мышц таза и живота, прыжки противопоказаны.

Во второй фазе ОМЦ за счет увеличения уровня эстрогенов повышается работоспособность, выносливость и быстрота. Восстанавливается автоматизация движений. Преобладание тонуса парасимпатической нервной системы увеличивает экономизацию функций. Во втором микроцикле (с 8 по 14 день) возможно применение предельных нагрузок необходимой направленности. С 12 по 14 день, в связи с вероятной овуляцией, тренировка проводится в «восстановительном» режиме – на фоне небольшого объёма нагрузки.

Начало третьего микроцикла совпадает с третьей фазой ОМЦ (овуляцией), сопровождающейся резким снижением функциональных возможностей женщин и

результатов в спорте. Концентрация эстрогенов в крови начинает снижаться на фоне недостаточного повышения прогестерона. Падает уровень основного обмена. Женщина в этот период субъективно не контролирует состояние, не ограничивает двигательную активность, несмотря на противопоказание больших нагрузок. Они оказывают негативное действие на систему гормональной регуляции половых функций, вызывая дисбаланс в деятельности яичников. Контролировать дату наступления этой фазы можно методом измерения «базальной» температуры, приурочивая к ней интервалы отдыха.

Позже, с 17 по 21 дни и во время следующего, четвертого микроцикла (с 22 по 26 дни) наступает зона «суперадаптации» с высоким содержанием в крови эстрогенов и прогестерона, резким повышением обмена веществ, работоспособности и адаптивных резервов организма. Спортсменки способны переносить нагрузки значительной интенсивности и объёма – ударные и соревновательные – без последствий для здоровья. В последние дни микроцикла (27–28 день) характерна картина «снижающейся адаптации», совпадающая с пятой (предменструальной) фазой ОМЦ.

Структура 28-дневного ОМЦ дает возможность четко разделить занятия на основные и дополнительные занятия. В процессе основных занятий (в зонах повышенной работоспособности) со спортсменками определенной специализации возможно решение задач различной направленности. Объем нагрузок, следует распределять по фазам ОМЦ следующим образом: 12; 31; 9; 35 и13 %.

Влияние спортивных тренировок на организм женщин. Спорт, используя для достижения максимальных результатов чрезмерные нагрузки, содержит элементы риска для здоровья. Большие физические нагрузки – эффективное средство развития общей и специальной работоспособности в женском спорте. Регулярное применение их без учета особенностей женского организма с нарушением принципа распределения нагрузок в соответствии с фазами ОМЦ не использует внутренние резервы организма и приводит к нарушениям цикла. Большие нагрузки вызывают гиперфункцию коры надпочечников, повышенную секрецию андрогенов, тормозящих гонадотропную функцию гипофиза и яичников.

Высококвалифицированные спортсменки в функциональном плане неоднотипны. Первая, меньшая группа, хорошо адаптирована к большим физическим и психоэмоциональным нагрузкам. Длительные занятия с соблюдением принципа постепенности в повышении объёма и интенсивности нагрузок, при хорошей наследственности в детородной функции, выводят организм на высокий уровень деятельности половых желез. У них в 67 % случаев укорачивается менструальный период до 1–3 дней, что позволяет не прерывать тренировочный процесс. Другая, большая группа, обнаруживает различные нарушения функции яичников.

Тренировки, начатые до начала полового созревания, могут задержать половое развитие (ЗПР) и наступление первых менструаций. При ЗПР наблюдается или отсутствие вторичных половых признаков в 13–14 лет и ОМЦ – в 15, или нерегулярный ОМЦ на фоне недоразвития вторичных признаков – в 15–17 лет. Частота ЗПР зависит: от интенсивности нагрузок (у не тренирующихся и занимающихся в спортивных школьных секциях – в 5–7 % случаев, среди спортсменок в возрасте 15–17 лет – в 23 %); от вида спорта (в спортивной и художественной гимнастике, плавании – в 67, 31 и 16 % случаев); от возраста, в котором начинаются интенсивные тренировки (с 7–9 лет – в 20 % случаев, с 12–13 – в 18 %, наиболее редко с 10–11 лет – в 3 %). Возраст 10–11 лет является оптимальным по сравнению с 7–9 годами, когда большие нагрузки тормозят развитие гипоталамуса и гипофиза, и с 12–13 годами – в связи с нарушением формирования цикличности их деятельности. У девушек, активно занимающихся спортом, период становления регулярного ОМЦ затягивается (в легкой

атлетике и плавании в 35%, у лыжниц в 76%, у гимнасток в 78%, у не тренирующихся в 2–10 % случаев). Вторичные нарушения после проявления ОМЦ встречаются у спортсменок в 3,5 раза чаще (в 72 %), чем у не занимающихся спортом.

Особенно опасно форсирование тренировочных нагрузок в первые 6–12 месяцев после возникновения ОМЦ. Имеет место или нарушение овуляции, связанное с недостатком эстрогенов, или недоразвитие желтого тела, приводящеё к дефициту прогестерона. Расстройство овуляции блокирует развитие ситуации беременности, недостаток прогестерона грозит невынашиванием плода. С этих позиций женщинам не рекомендуется заниматься некоторыми видами спорта. При прямом контакте с соперницами возможны тяжелые травмы. Занятия гимнастикой связаны с не естественным положением тела, ударами лобком о спортивные снаряды, которые приводят к смещению органов малого таза. Неравномерное развитие мышц брюшного пресса или спины сопровождается чрезмерным отклонением матки кпереди или кзади. Вибрации, имеющие место в велосипедном, конном спорте, вызывают атрофию матки и яичников. Максимальные статические усилия с натуживанием в позе «стоя» и в «приседе» приводят к опущению матки.

Излишняя потеря спортсменками 10–15 % жировой массы часто осложняется бесплодием. Первая менструация и дальнейшее становление циклов зависит от накопления «порогового» количества жира. Интенсивная нагрузка на выносливость задерживает сроки первой менструации (менархе) до 20 лет. Для занимающихся культуризмом, тяжелой атлетикой, в связи с чрезмерной гипертрофией мышц и резким снижением жира в период приобретения и поддержания спортивной формы, характерно прекращение менструаций. Механизм этого явления состоит в нарушении состояния гипоталамуса, регулирующего репродуктивную функцию. У женщин, тренирующихся на выносливость, может проявиться дефицит железа, анемия, деминерализация костей, осложняющаяся частыми переломами.

«Опасные» для репродуктивной функции женщин виды спорта широко распространены, включены в программы чемпионатов мира и Олимпийских игр. Учитывая реальность, следует профилактически проводить своевременный контроль и самоконтроль за характером ОМЦ с целью выявления нарушений и срочной индивидуализации тренировочного процесса. При ранней диагностике и коррекции нагрузок нарушения обратимы.

Отбор для занятия спортом девочек с генетически устойчивой репродуктивной функцией, рациональный режим тренировок с учетом особенностей женского организма, направленный на устранение физиологических и эмоциональных стрессов, особенно в пубертатный период, приводят к гармоничному физическому, нравственному и психологическому развитию организма женщины. Это создает прочный фундамент общей и специальной подготовленности спортсменок, позволяет достичь высокой степени совершенствования в спорте.

Глава XIX. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ И СПОРТОМ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ОНТОГЕНЕЗА

Систематические занятия физкультурой и спортом существенно влияют на рост и развитие детей и подростков. Занятия надо строить с учетом морфофункциональных особенностей, возраста и пола. Особо важны занятия физкультурой и спортом для детей и подростков школьного возраста. Организм в этот возрастной период по своим анатомо-физиологическим и функциональным возможностям отличается от организма взрослого человека. Дети и подростки более чувствительны к факторам внешней среды (перегреванию, переохлаждению и другие) и хуже переносят физические нагрузки, особенно длительные (бег, кроссы и другие). Поэтому правильно спланированные занятия, дозированные по времени и сложности, способствуют гармоничному развитию детей и подростков школьного возраста, и напротив, ранняя специализация (интенсивные нагрузки в одном виде спорта), достижение результатов любой ценой часто ведут к травматизму и серьезным заболеваниям, тормозят их рост и развитие.

Оптимальное влияние на развитие физических качеств оказывает высокий уровень двигательной активности. При таком двигательном режиме повышается резистентность организма к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды (охлаждение, перегревание, действие ускорений и перегрузок). Физическое развитие в этом случае соответствует средним возрастным нормам.

При определении величины доступных школьнику физических нагрузок следует исходить, прежде всего, из оптимальных норм, обеспечивающих разностороннее, гармоническое его развитие, а не из потребностей форсированного спортивного роста. В то же время, очевидно, что нормы двигательной активности, достаточные для сохранения высокой работоспособности учащихся общеобразовательных школ, недостаточны воспитанников специализированных детских и юношеских спортивных школ.

Особенности занятий физическими упражнениями с детьми младшего школьного возраста (7–11 лет). Физиологические воздействия школьного урока физической культуры на организм занимающихся зависят от характера учебной работы и задач урока. Величина физической нагрузки может быть при этом значительно ниже оптимальных, доступных школьнику величин. Так, на уроках изучения нового материала высокие требования предъявляются к двигательному аппарату и аналитико-синтетической функции мозга, от которых зависят согласованные координированные движения. Степень воздействия таких уроков на вегетативные функции относительно невелика.

На уроках физического воспитания в младших классах необходимо обеспечить формирование жизненно необходимых навыков ходьбы, бега, прыжков, метаний, научить сохранять правильную осанку и анализировать мышечные ощущения. В младшем школьном возрасте дети обладают способностью овладеть технически сложными формами движений: Это обусловлено тем, что в возрасте 7–8 лет высшая нервная деятельность уже достигает достаточно высокой степени развития. К этому возрасту заканчивается рост и структурная дифференцировка нервных клеток. Однако функциональные показатели нервной системы еще далеки от совершенства.

Сила нервных процессов у детей младшего школьного возраста относительно невелика. Резко выражено внешнее торможение при действии сверхсильных или монотонных, длительных раздражителей. Внутреннее торможение у детей неустойчиво. Поэтому, не успев выслушать объяснения учителя, дети начинают

выполнять упражнения. Точный анализ деталей движения подменяется в этом случае угадыванием правильности его выполнения. Дальнейшая коррекция движения осуществляется путем сопоставления выполнения его с действиями других детей, а также под воздействием указаний педагога.

Особенности запаздывающего и дифференцировочного торможения нужно учитывать при обучении детей командам, элементам строя и фигурной маршировки. Необходимо находить оптимальные интервалы между предварительной и исполнительной командами. Нежелательна быстрая смена одних упражнений другими, без предварительного их усвоения. У 7–8-летних детей наряду со способностью вырабатывать сложные дифференцировки отмечается слабая устойчивость к воздействию внешних агентов.

Дети младшего возраста с трудом изолируют отдельные движения, составляющие часть целостного акта. Отдельные части движения не вызывают у них интереса, теряют прикладную ценность, быстро утомляют. Более рациональным в этом возрасте является метод целостного обучения сравнительно несложным упражнениям. Предпочтительны игровые сюжетные ситуации, в которых выполнение физического упражнения связано с достижением конкретной цели. Процессы возбуждения преобладают над процессами торможения. Отсюда недостаточная устойчивость внимания и быстрое наступление утомления. В этой связи следует умело сочетать физические нагрузки и отдых.

Эффективность педагогических воздействий на ребенка зависит от уровня податливости его к внешним воздействиям. В процессе индивидуального развития у ребенка наблюдаются этапы повышенной чувствительности к воздействию физической нагрузки различной направленности (критические периоды). Например, в раннем дошкольном возрасте ребенка легко научить ходить и сохранять вертикальную позу. В последующие годы вертикальное положение приобретается с трудом. В период от 7 до 11 лет дети могут научиться практически всем движениям, требующим точности и высокой координации. Этому способствует интенсивное развитие пространственной ориентировки и других показателей двигательной функции

В младшем школьном возрасте улучшается анализ тактильно-кинестетических сигналов, что способствует формированию сложных координированных движений. В движениях ногами в дошкольном периоде наблюдается перекрестно-реципрокная координация. Только с 7–8 лет формируется симметричная координация движений, необходимая для одновременных симметричных движений (например, для толчка двумя ногами). В движениях руками перекрестно-реципрокные отношения появляются позднее одновременных, симметричных движений. С 8–9 лет происходит интенсивное нарастание скорости бега и плавания, а к 10–11 годам максимальных значений достигает частота беговых шагов.

Эффективным средством для развития скоростно-силовых качеств в младшем возрасте является кратковременный быстрый бег на отрезках от 15 до 25–30 метров, не вызывающий утомления. Главное условие, которое следует соблюдать в этом случае,– поддержание высокого темпа движений, исключение движений, далеких от естественных форм бега.

В возрасте 10–11 лет у школьников повышается способность к неоднократному выполнению скоростной работы (повторный бег на коротких отрезках), а также к выполнению малоинтенсивной работы (медленный бег) в течение сравнительно продолжительного времени. Особенно высока чувствительность к действию малоинтенсивных упражнений, развивающих выносливость у детей в возрасте от 8 до 11 лет. С 12 до 15 лет эффективность этих упражнений снижается, выносливость стабилизируется, или незначительно падает.

У мальчиков прослеживаются два периода высокой чувствительности к динамическим силовым упражнениям: с 9 до 11–12 лет и с 14 до 17 лет. У девочек силовая выносливость к 11 годам достигает показателей 15–16-летних девушек. Статические усилия сопровождаются у школьников 7–10 лет быстрым развитием утомления.

Дети младшего школьного возраста хорошо переносят кратковременные скоростно-силовые упражнения. Широкое применение в 7–11-летнем возрасте находят прыжковые, акробатические упражнения, динамические упражнения на гимнастических снарядах. Однако необходимо приучать детей и к сохранению статических поз.

У детей младшего школьного возраста еще недостаточно развита костная система, поэтому возможность нарушения осанки наибольшая. В этом возрасте часто наблюдаются искривления позвоночника, плоскостопие, приостанавливается рост, возникают другие нарушения. Применение статических упражнений диктуется необходимостью поддержания и сохранения осанки в этом возрасте. Статическая выносливость мышц спины имеет тесную связь с осанкой детей. Поэтому её развитие является и средством предупреждения нарушений осанки у детей.

В младшем школьном возрасте имеются благоприятные предпосылки для воспитания гибкости и ловкости. Морфологические особенности опорно-двигательного аппарата – высокая эластичность связок и мышц, большая подвижность позвоночного столба – способствуют повышению эффективности специальных упражнений для развития гибкости в 10–11-летнем возрасте. Благоприятные предпосылки для повышения гибкости в этом возрасте не должны, однако, сделать её воспитание самоцелью. Чрезмерная подвижность в суставах неблагоприятно отражается на формировании некоторых двигательных навыков.

Возраст от 7 до 11 лет характеризуется высокими темпами развития ловкости движений. Этому способствуют пластичность центральной нервной системы, интенсивное развитие двигательного анализатора, выражающееся, в частности, в совершенствовании пространственно-временных характеристик движения.

Применение в школьном уроке игр, требующих внезапного изменения действий в меняющихся игровых ситуациях, выполнение усложняющихся заданий, которые требуют координированных движений отдельными частями тела, а также упражнений с различными предметами способствуют совершенствованию качества ловкости. Крупные мышцы развиваются быстрее малых, поэтому дети затрудняются выполнять мелкие и точные движения, у них недостаточно развита координация.

Особенности занятий физическими упражнениями с подростками. В подростковом возрасте создаются функциональные и морфофункциональные предпосылки для овладения практически любым видом движения. Однако в период полового созревания возникает необходимость в дифференцированном подходе к величине физической нагрузки в зависимости от степени половой зрелости подростка.

Степень воздействия физических упражнений на организм в значительной степени предопределяется уровнем биологического созревания школьника. Если в вопросах методики обучения движениям различия в степени половой зрелости не имеют принципиального значения, то в дозировании физических нагрузок их следует учитывать пропубертатном возрасте. Но особого внимания заслуживает пубертатный период.

В 12–16-летнем возрасте при достаточном уровне физического развития и нейрогуморальных механизмов регуляции наблюдается отставание в созревании отдельных физиологических систем. Совершенно очевидно, что чем выше степень

половой зрелости в этом возрасте, тем при прочих равных условиях будет выше и физическая работоспособность детей.

Склонность к переоценке своих возможностей побуждает подростка выполнять значительные по нагрузке силовые упражнения, без предварительной подготовки пытаться выполнять сложные акробатические, гимнастические и другие упражнения. Учитывая эти особенности подростков, следует исключать из урока упражнения, которые могут быть потенциальными источниками перенапряжений или спортивного травматизма.

Неустойчивость психики подростка делает необходимым так строить процесс обучения физическим упражнениям, чтобы постоянно поддерживать интерес подростка. Упражнения должны быть эмоциональными, но не чрезмерными по сложности. Интерес подростка к сложному, малодоступному упражнению угасает столь же быстро, как и к простому, выполнение которого не составляет труда.

У детей 11–12-летнего возраста наблюдается интенсивный прирост скоростно-силовых качеств. У гимнастов 11–12 лет относительная сила мышц ног больше, чем у 16-летних. Для развития скоростно-силовых качеств прыгучести предпочтение отдается динамическим упражнениям взрывного характера. Высоким эффектом отличается выпрыгивание вверх после прыжка в глубину. В 12–14-летнем возрасте скорость передвижения растет высокими темпами преимущественно за счет развития скоростно-силовых качеств. Поэтому широкое использование скоростно-силовых упражнений создает благоприятные возможности для прогрессивного развития этого качества.

В подростковом возрасте создаются физиологические предпосылки для обучения технике скоростного бега. Средствами развития быстроты является бег с предельной или околопредельной скоростью от 20 до 60 метров, семенящий бег, с последующим ускорением, а также контрастные по мышечному напряжению упражнения.

К 14–16 годам темпы возрастных функциональных и морфологических перестроек, лежащих в основе прироста быстроты, снижаются. В связи с этим падает и эффективность скоростных и скоростно-силовых упражнений. К 16 годам у мальчиков прогрессивное развитие скоростно-силовых качеств достигается только специальными упражнениями. Это относится в известной степени и к возрастному развитию выносливости.

Установлено, что без специальной подготовки достижения в беге на 500 метров у девушек после 15 лет не изменяются. Наибольший прирост выносливости у мальчиков, тестируемый по длительности бега со скоростью 75 % от максимальной скорости, наблюдается в 13–14-летнем возрасте. Выносливость, определяемая по описанному тесту, у девочек интенсивно растет с 10 до 13 лет. С 14-летнего возраста заметных сдвигов в ее величинах не обнаруживается.

К подростковому и в особенности к юношескому возрасту, вследствие относительно высокой морфологической и функциональной зрелости двигательного аппарата, создаются благоприятные предпосылки для воспитания физического качества силы. Для этого в школьном уроке физической культуры применяются динамические силовые упражнения с небольшими (1–2 кг) отягощениями, лазание по канату, переноска груза, толкание ядра. В возрасте 15–16 лет, в связи с повышением силовой выносливости, увеличивается количество упражнений с отягощениями массой 2–3 кг, проводится лазание по канату на скорость, применяются элементы борьбы. Силовые упражнения у девушек в этом возрасте ограничиваются вследствие падения относительной силы мышц.

В среднем школьном возрасте (12–16 лет) дети имеют почти оформленную костную систему. Но окостенение позвоночника и таза еще не закончено. Нагрузки на силу и выносливость переносятся плохо, а потому большие физические нагрузки недопустимы. Сохраняется опасность возникновения сколиоза, замедления роста, особенно если школьник занимается тяжелой атлетикой, прыжками, спортивной гимнастикой и другие. Мышечная система в этом возрасте характеризуется усиленным ростом (развитием) мышц и увеличением их силы, особенно у мальчиков.

В подростковом возрасте следует применять упражнения, требующие поддержания статических поз, стоек, висов, упоров. Физиологическими предпосылками использования длительных упражнений, способствующих воспитанию выносливости в подростковом возрасте, являются повышение устойчивости организма к изменению внутренней среды, совершенствование механизмов гомеостаза.

Эффективными упражнениями для воспитания выносливости в этом возрасте является переменный бег: чередование бега со скоростью 60 % от максимальной скорости с малоинтенсивным бегом. На уроке физкультуры для 12–13-летних школьников используется темповый бег на 200–600 метров в чередовании с ходьбой, малоинтенсивный длительный (от 3–5 до 10 минут) бег, ходьба на лыжах: 3–3,5 км для мальчиков и 2–3 км для девочек. В 14–15-летнем возрасте становятся доступными темповый бег на 400–800 метров (для мальчиков) и 200–300 метров (для девочек), лыжные гонки на скорость от 2 до 3 км.

Совершенствование гибкости в подростковом возрасте достигается специальными упражнениями на растягивание, выполнением движений с полной амплитудой, парными упражнениями. Основными средствами воспитания ловкости в этом возрасте становятся физические упражнения, свойственные спортивной специализации, избираемой подростком.

Основываясь на экспериментальных данных о наиболее благоприятном сочетании и последовательности использования средств воспитания физических качеств, в начале основной части урока должны быть предусмотрены упражнения для воспитания быстроты, затем силы и выносливости. В зависимости от конкретных задач урока силовые упражнения в отдельных случаях могут выполняться раньше скоростных. Средства развития выносливости используются после скоростных и. силовых упражнений.

При построении урока физической культуры в старших классах следует иметь в виду, что процесс формирования организма у детей 16–17 лет еще не закончен. Упражнения, связанные с необходимостью максимального проявления силы и скоростной выносливости, следует ограничивать. Необходимо учитывать индивидуальные особенности сформировавшейся к этому возрасту личности учащегося, его склонности и интересы.

Этот возраст связан также с началом полового созревания, которое сопровождается повышенной возбудимостью нервной системы и ее неустойчивостью, что неблагоприятно сказывается на приспособляемости (адаптации) к физическим нагрузкам и процессам восстановления. Поэтому при проведении занятий (тренировок) необходим строго индивидуальный подход к занимающимся детям и подросткам.

В старшем школьном возрасте (17–18 лет) формирование костной и мышечной системы почти завершается. Отмечается усиленный рост тела в длину, особенно при занятиях играми (волейбол, баскетбол), прыжками в высоту и другие. Увеличивается масса тела, интенсивно развивается мелкая мускулатура, совершенствуются точность и координация движений.

Некоторые особенности этого периода:

1. Завершаются рост и окостенение длинных трубчатых костей. Заканчивается сращение тазовых костей, но полное их окостенение происходит к 20–25 годам.

2. Развивается мышечная система. Формируется высокодифференцированное мышечное волокно с небольшим количеством узких, вытянутых ядер. Происходит нарастание массы мышечной ткани, совершенствуется система энергообеспечения мышечной деятельности. Увеличивается мышечная сила.

3. Отмечается усиленный рост тела в длину, особенно при занятии играми (волейбол, баскетбол), прыжки в высоту. Увеличивается масса тела, растёт становая сила. Интенсивно развивается мелкая мускулатура, совершенствуется точность и координация движений.

Физиологическая эффективность урока физической культуры. Одним из важных условий достижения положительного физиологического эффекта является постепенность увеличений физической нагрузки на уроке. В начале урока следует применять легкие по координации и степени физиологического воздействия упражнения, затем увеличивать их сложность и величину нагрузки. В основной части урока физическая нагрузка должна повышаться до уровня, соответствующего возрасту и уровню физической подготовленности детей. В заключительной части урока нагрузка снижается, с тем, чтобы активизировать восстановительные процессы. Заключительная часть урока служит постепенному переходу от активной деятельности к относительному мышечному покою на общеобразовательных уроках.

При распределении времени урока на вводную, основную и заключительную части следует руководствоваться как направленностью и характером учебной деятельности, так и особенностями врабатывания у школьников. У детей школьного возраста быстрее, чем у взрослых, происходит мобилизация физиологических функций. Быстрому вхождению детского организма в работу способствует меньшая, чем у взрослых, инертность сердечно-сосудистой и дыхательной системы.

На школьном уроке физической культуры не преследуется цель максимального увеличения физической нагрузки. Поэтому во вводной части, как правило, отпадает необходимость достижения устойчивого состояния и высокой физической работоспособности. Но если в основной части урока решаются задачи, связанные с развитием выносливости, выполнением контрольных нормативов, то на протяжении всего урока создаются условия, характерные для тренировочного занятия.

При оценке степени воздействия физической нагрузки на организм школьника преподаватель, как правило, вынужден полагаться на показатели утомления учащихся, находящие выражение в изменении самочувствия, внимания, отношения к занятиям, в мимике, окраске кожи, в степени расстройства координации движений. При утомлении отмечаются вялость движений, потеря желания заниматься, неточность выполнения команд и распоряжений преподавателя. Объективно при этом отмечаются неадекватное учащение пульса при нагрузке, падение максимального и повышение минимального артериального давления.

При большой информативной ценности пульса, как показателя функционального состояния спортсмена, необходимо иметь в виду, что он не всегда отражает степень воздействия упражнения на организм. Например, выполнение работы статического характера, предъявляющей сложные требования к функции сердечно-сосудистой системы, сопровождается незначительным учащением пульса. В то же время частота пульса может значительно возрастать при эмоциональных напряжениях, даже если они не связаны с физической нагрузкой.

Объективная оценка воздействия физических упражнений на организм может быть осуществлена при комплексном врачебно-физиологическом обследовании

школьников. Степень физиологического воздействия урока на организм в значительной степени определяется *моторной (двигательной) плотностью урока.* Повышение моторной плотности школьного урока увеличивает его эффективность, как в воспитании физических качеств, так и в обучении двигательным действиям. Моторная плотность урока увеличивается при сокращении интервалов отдыха между упражнениями. При разучивании новых движений паузы должны быть такими, чтобы сохранилась оптимальная возбудимость корковых проекций двигательного анализатора. Освоение новых движений на следах возбуждения в центральной нервной системе происходит быстрее. Для повышения эффективности упражнений, направленных на воспитание скорости, интервалы отдыха должны обеспечивать такой уровень восстановления, который дает возможность выполнить последующее упражнение с максимальным эффектом. При выполнении упражнений, направленных на воспитание выносливости, паузы отдыха, напротив, сокращаются.

Для постоянного поддержания интереса к уроку, в особенности у детей младшего школьного возраста и подростков, целесообразны кратковременные паузы отдыха между упражнениями. Они оправданы и с точки зрения поддержания оптимального эмоционального фона.

Двигательная активность детей и подростков. На рост и развитие школьников существенное влияние оказывают двигательная активность, рациональное питание, а также закаливание. Между двигательной активностью и здоровьем детей существует прямая связь. В последние годы резко ухудшилось здоровье школьников. Исследования показывают, что только от 10 % до 15 % выпускников средних школ здоровы, остальные имеют в состоянии здоровья те или иные отклонения от нормы. Одной из причин такого неблагополучия является пониженная двигательная активность (гиподинамия). Нормой суточной двигательной активности школьников 11–15 лет является наличие 20–24 % динамической работы в дневном распорядке, то есть 4–5 занятий физической культурой и спортом в неделю. При этом суточный расход энергии должен составлять 3100–4000 ккал. Два урока физкультуры в неделю (как правило, сдвоенные) компенсируют лишь на 11% ежедневный дефицит двигательной активности. Для нормального развития девочек необходимо 5–12 часов в неделю, а для мальчиков 7–15 часов занятий физическими упражнениями разного характера (уроки физкультуры, танцы, активные перемены, игры, физический труд, утренняя гимнастика и тому подобное). Интенсивность ежедневных занятий должна быть достаточно высокой (средняя ЧСС при этом 140–160 в минуту). Эффект от физкультуры минимален, если нагрузка слишком мала, а пульс ниже 130 в минуту.

У юных спортсменов суточные энерготраты могут быть значительно выше, в зависимости от вида спорта, которым они занимаются.

Физиологические основы спортивной специализации в спорте. Занятия физической культурой в школе не ограничиваются только уроками. Одним из наиболее эффективных способов повышения функциональных возможностей и спортивной работоспособности детей являются специализированные занятия спортом. Но, являясь эффективным средством физического совершенствования, спортивная специализация требует строгого учета объёма и интенсивности физической нагрузки в зависимости от возраста, пола, уровня физической подготовки детей.

Процесс многолетней спортивной тренировки может быть разделен на 4 этапа: *предварительной подготовки, начальной спортивной специализации, углубленной тренировки* и *спортивного совершенствования. Этап* предварительной подготовки начинается со времени поступления ребенка в школу, то есть с 6–7 лет. Начальная спортивная специализация ограничивается, как правило, двумя-тремя годами обучения в ДЮСШ.

Увеличение тренировочных нагрузок на этапе спортивной специализации вызывает быстрый рост спортивных результатов. По мере роста спортивного мастерства параллелизм между величиной нагрузки и спортивными результатами сменяется более сложными зависимостями между ними. Темпы прироста результатов начинают отставать от увеличения нагрузок. К этому времени должно быть приурочено начало этапа углубленной специализированной тренировки.

На этапе углубленной специализированной тренировки физические нагрузки достигают наивысших значений. В связи **с** выступлениями в соревнованиях повышается психологическая напряженность тренировки. Средства развития специальных физических качеств и содержание психологической подготовки существенно меняются в зависимости от спортивной специализации юного спортсмена.

Можно условно выделить следующие группы видов спорта: а) развивающие преимущественно выносливость; б) развивающие преимущественно ловкость и точность движений. Особую группу составляют виды спорта, обеспечивающие комплексное развитие физических качеств.

В видах спорта с преимущественной направленностью на развитие скоростно-силовых качеств (спринтерский бег, прыжки, метания) на этапе углубленной тренировки широко используются неспецифические средства развития скоростно-силовых качеств (скоростно-силовые упражнения, прыжки; упражнения с отягощениями). Скоростно-силовые упражнения на этом этапе должны занимать примерно 50 % от общего объёма упражнений.

В видах спорта развивающих преимущественно выносливость (бег на средние и длинные дистанции, лыжи, коньки), основными средствами тренировки являются специфические формы локомоций (бег, ходьба на лыжах), выполняемые на пульсовом режиме 150–170 в минуту, продолжительностью от 30–40 минут до 1,5–2 часов.

Для видов спорта, требующих комплексного развития физических качеств (спортивные игры, единоборства), на этапе углубленной тренировки характерны методы, обеспечивающие всестороннюю физическую, техническую и тактическую подготовку спортсмена в условиях, близких к соревновательным нагрузкам. Дифференцированный подход к совершенствованию качеств двигательной деятельности спортсменов различных групп спорта, создает условия для достижения максимальных спортивных результатов в оптимальные сроки.

Критерии отбора детей для специализированных занятий спортом. *Психолого-педагогические критерии отбора.* В основу отбора способных и одаренных детей в спортивные школы могут быть положены как психолого-педагогические, так и морфофизиологические предпосылки. Определение основы для отбора – одна из важнейших задач. Прогнозирование потенциальных спортивных достижений спортсмена может быть осуществлено на основе стабильности показателей, принятых в качестве критериев спортивной пригодности к специализации в определённом виде спорта.

Существенное значение для получения сопоставимых данных изменения физического состояния и спортивной работоспособности имеет качество тестов. Требование воспроизводимости, объективности и информативности (валидности) тестов делает необходимым тщательный их отбор. Для тестирования скоростных качеств с успехом применяется бег на 30 и 60 метров. Скоростно-силовые качества определяются при помощи прыжков в длину с места и с разбега, метаниями теннисного и набивных мячей. Специальная выносливость определяется временем бега до отказа со скоростью, характерной для тестируемых видов соревновательных дистанций. Надежными являются специфические пробы физической работоспособности (тест

PWC_{170}, велоэргометрическая нагрузка со ступенчато возрастающей мощностью и другие).

Современные методы исследования психических особенностей позволяют определять типы темпераментов, учет которых представляет интерес для спортивной ориентации юных спортсменов. При отборе детей следует отдавать предпочтение тестированию типологических особенностей нервной системы. Однако если специальное тестирование получило достаточную педагогическую и физиологическую основу, выявление типологических свойств нервной системы сопряжено с большими трудностями как методического, так и методологического характера.

Морфофизиологические критерии отбора. Учет типологических особенностей нервной деятельности при отборе приобретает особое значение, ибо, как правило, они с большим трудом поддаются изменениям и в особенности переделке. Типологические свойства нервной системы в значительной степени предопределяют потенциальные спортивные успехи. Для нормально возбудимого, сильного, уравновешенного, подвижного типа характерно быстрое овладение техникой движений, успешное решение сложных двигательных задач, возникающих в игровых ситуациях и единоборствах. Однако быстрые спортивные успехи могут вызвать у представителей этого типа потерю интереса к повторению освоенного. Формирование устойчивых стабилизированных форм навыков у них затруднено.

Дети и подростки нормально возбудимого, сильного, уравновешенного, медленного типа постепенно овладевают сложными по координации движениями. Неоднократное повторение движений не снижает у них интереса, что способствует формированию устойчивых навыков. Для детей сильного, возбудимого, безудержного типа овладение сложными формами движений не представляет труда. Однако в силу повышенной возбудимости такие дети нетерпеливы, суетливы. Не овладев одним движением, они переходят к новому. Дилетантизм в технике, поспешность в переходе к изучению нового материала делают необходимым держать таких детей под постоянным наблюдением и контролем.

У пониженно возбудимого, слабого типа даже высокоэмоциональные формы занятий физическими упражнениями (игры, единоборства) не вызывают интереса. Для них предпочтительны виды спортивной деятельности со сравнительно небогатым техническим арсеналом, требующие неторопливого принятия решений.

Как для начального отбора, так и для оценки динамики спортивного роста важен учет биологических ритмов изменения физической работоспособности детей. Наиболее значительные изменения в физическом развитии протекают с трехлетней периодичностью. Так, прирост выносливости более выражен в возрасте 10, 13 и 16 лет. Соматические признаки (рост, масса, ширина плеч, окружность плеча, бедра и другие) имеют двухлетнюю периодичность изменения. Тестирование, проведенное без учета ритмов биологического развития, – возможный источник неправильной оценки спортивной пригодности по темпам прироста спортивных результатов.

Информативным показателем перспективности юного спортсмена является повышение эффективности выполнения стандартных упражнений с оценкой сдвигов в потреблении кислорода от уровня МПК. Так, если спортсмен после годичной тренировки выполняет заданную стандартную работу на уровне потребления кислорода, равного исходному уровню, то перспективность его дальнейшего роста можно считать практически исчерпанной.

При отборе и спортивной ориентации следует учитывать соотношение медленно и быстро сокращающихся мышечных волокон. Известно, что у выдающихся бегунов на длинные дистанции, медленно сокращающиеся мышечные волокна составляют 80–90 % мышечной массы. Отношение медленно сокращающихся волокон к быстро

сокращающимся волокнам по мере развития тренированности практически не изменяется. Однако и те и другие волокна приобретают ряд новых свойств. При отборе бегунов па спринтерские дистанции предпочтительнее подросток с 40 % медленно сокращающихся и 60 % быстро сокращающихся мышечных волокон. Бегуну на длинные дистанции предпочтительнее иметь 60 % медленно сокращающихся мышечных волокон. Темпы изменения отдельных соматических признаков должны быть приняты во внимание при отборе детей для специализации в видах спорта, где они предопределяют успех в спорте (например, рост для баскетболистов). Между исходными данными роста в 8–12 лет и его конечными значениями имеется высокая степень связи. Это позволяет с достаточной точностью прогнозировать окончательный рост спортсменов.

Среди показателей, которые имеют относительную стабильность и плохо поддаются тренировке, можно выделить *конституциональные особенности.* Выделено три конституциональных типа: *астенический, нормостенический* и *гиперстенический тип.* Для астеников, в отличие от гиперстеников, характерно преобладание продольных размеров над поперечными размерами, конечностей – над туловищем, грудной клетки – над животом. Сердце и внутренние органы у них относительно малых размеров, диафрагма расположена низко, легкие удлинены.

Всестороннее и тщательное изучение изменяющихся в ходе систематической тренировки индивидуальных свойств и качеств двигательной деятельности юного спортсмена является необходимым условием для определения узкой спортивной специализации и достижения высоких результатов в спорте.

Физиологические предпосылки к занятиям физической культурой и спортом для пожилых людей. Население земного шара прогрессивно стареет. Продление активной жизни пожилых граждан за счет оздоровления средствами физической культуры позволит им более длительное время заниматься полезным трудом, вносить свою лепту в различные социальные сферы. Долгожительство запрограммировано в наследственном фонде в виде надежности деятельности функциональных и основных регуляторных систем. Естественное снижение физиологических резервов способно разрушить эту гармонию.

В процессе жизни происходит старение организма – накопление необратимых изменений структур и функций. Старение – сложная перестройка организма, в ходе которой, кроме снижения адаптационных возможностей, возникают своеобразные компенсаторные реакции, замедляющие этот процесс. Темпы старения индивидуальны. Отрицательные возрастные изменения накапливаются незаметно, в начале компенсируются, затем проявляются.

По мере старения человека его способность (адаптация к физическим нагрузкам, их переносимость) к тренировке снижается. Она зависит не только от возраста, пола, но и от индивидуальных особенностей (то есть наследственности). Известно, что люди одного и того же возраста по-разному реагируют на физические нагрузки, закаливающие процедуры и прочее. Но в любом случае регулярные тренировки могут заметно задержать старение, снижение работоспособности, связанное с возрастом: даже если тренировки начинаются в пожилом возрасте, они могут повысить работоспособность.

Исследования показывают, что минутный объем сердца (МОС) в покое у пожилых лиц меньше, и отмечено, что ЧСС и потребление кислорода при максимальной нагрузке с возрастом понижаются. Системное артериальное давление у пожилых людей в покое проявляет тенденцию к повышению и возрастает при выполнении физических упражнений в большей степени, чем у молодых людей. Это, видимо, связано с нарушением эластичности артерий (атеросклероз). Сопротивление

сосудов малого (легочного) и большого кругов кровообращения у пожилых людей выше.

Основным механизмом угасания функций с возрастом является несоответствие между расходованием и восстановлением биохимических и функциональных резервов. Для старения характерны биохимические и биофизические изменения в клетке, снижение обменных процессов, усиление анаэробных механизмов энергообеспечения; ослабление регуляторного влияния ЦНС на органы и ткани; снижение активности желез внутренней секреции и увеличение чувствительности тканей к гормонам; ослабление иммунитета.

Определенное влияние на процесс старения оказывает склероз сосудистой стенки, отложение в ней холестериновых бляшек. Старение головного мозга, содержащего сто миллиардов нейронов в период рождения, начинается рано (в 25 лет) с разрушения 1000 нервных клеток в день, особенно в лобной доле. В пожилом возрасте снижается работоспособность нервных клеток, в них увеличивается, за счет удлинения фазы реполяризации, длительность потенциала действия. С 60 лет в нейронах постепенно понижается содержание РНК, ослабляется активирующее влияние ретикулярной формации среднего мозга на кору больших полушарий, ухудшается память. Понимание смысловой структуры речи сохраняется полностью. В то же время обследование большого массива пожилых людей 60–65 лет показало, что они уступают молодым только по показателям зрительно-моторной координации.

Снижение функций зрительной сенсорной системы связано с ослаблением аккомодации, уменьшением чувствительности к слабому освещению, скорости темновой адаптации в связи с нарушением прозрачности хрусталика. Ухудшаются цветоощущения, больше в коротковолновой части спектра.

Возрастные изменения сердечно-сосудистой системы, не являясь первичным механизмом старения, определяют его интенсивность. Они ограничивают адаптационные возможности организма, ФР, создают предпосылки для развития болезней (атеросклероза, гипертонии, инфаркта и другие). Снижение максимальных аэробных возможностей организма (МПК) от 20 до 65 лет у нетренированных мужчин составляет 0,5, у женщин 0,3 мл/кг/мин в год. Это обусловлено ослаблением сократительной способности миокарда, уменьшением его функциональных показателей – СОК, МОК. С 50 лет величина МОК ежегодно снижается на 1 %, уменьшаясь к 85 годам на 55–60 %. Несмотря на снижение МОК, АД увеличивается в связи с ослаблением эластичности сосудов. Изменения гемодинамики лимитируют периферическое кровообращение, способствуют развитию гипоксии тканей.

В пожилом возрасте ухудшаются функциональные возможности дыхательной системы. Падает величина ЖЁЛ и её компонентов, затрудняется диффузия кислорода из альвеол в кровь. Оксигенация крови с 60 до 69 лет уменьшается с 98 до 90 %. В пожилом возрасте человек живет в состоянии физиологической гипоксии, как бы на высоте 1500–2000 метров.

Процессы старения ведут к уменьшению «чистой» массы тела, которую составляют мышцы и кости, то есть к ослаблению опорно-двигательного аппарата. Фиксируются отклонения в осанке, остеохондроз, атрофия мышц спины, разрыхление, хруп кость костей в связи с деминерализацией. В суставах истончаются капсулы, ограничивается подвижность, теряется эластичность хрящей. Атрофия скелетных мышц приводит к уменьшению их массы до 20 % от массы тела. У молодых она составляет 45 %. Падают показатели быстроты, гибкости, ловкости. Не смотря на это, спортсмены пожилого возраста способны к определенной степени адаптации к физическим нагрузкам. Под их влиянием отмечается повышение выносливости и силы за счет гипертрофии мышц.

Мышечная деятельность является стимулятором обменных и восстановительных процессов, активизирующим деятельность всех функциональных систем и повышающим адаптационные возможности организма. Её положительное влияние проявляется при адекватной дозировке. Пожилые люди переносят физические нагрузки на фоне достаточного напряжения систем жизнеобеспечения (кровообращения, дыхания, крови). Подтверждением этого является «феномен обрыва», суть которого состоит во внезапном отказе продолжать работу без видимых проявлений утомления.

При подборе адекватных, соответственно возрасту, нагрузок, правильной структуры и систематичности занятий физической культурой отмечается выраженный оздоровительный эффект. Нормализуется АД, проявляются положительные изменения на ЭКГ, увеличивается амплитуда зубца Т, свидетельствующая об улучшении обменных процессов в миокарде. Занятия физической культурой пожилых людей являются фактором стимуляции снижающихся при старении окислительно-восстановительных процессов, улучшения кровообращения и, на этой основе, сохранения физической и умственной работоспособности в пожилом возрасте.

Между мощностью работы, изменениями сердечной производительности и легочной вентиляции у пожилых людей отмечаются иные взаимоотношения, чем у молодых. При работе невысокой мощности МОД и потребление кислорода у пожилых увеличиваются значительно больше, а при тяжелой или длительной работе – меньше, чем у молодых и лиц среднего возраста. Это можно трактовать в плане возникновения с возрастом «барьера адаптации», охраняющего организм от чрезмерных нагрузок. При небольших нагрузках в пожилом возрасте развивается выраженная артериальная гипоксемия. Причиной является ослабление диффузионной способности легких для кислорода и нарушение кровотока в малом круге кровообращения. Основное увеличение МОД у пожилых людей приходится на период восстановления.

Период врабатывания растянут, диапазон прироста показателей кардиореспираторной системы сужен, реакции не всегда адекватны, иногда парадоксальны, быстро развивается утомление. АД, МОК, МОД, потребление кислорода восстанавливаются медленно.

Занятия физической культурой с пожилыми людьми должны носить оздоровительный характер, сочетаться с рациональным низкокалорийным сбалансированным питанием. В процессе занятий необходимо обучать занимающихся основам аутогенной тренировки, самомассажу, самоконтролю. Комплексный подход к проблеме физической культуры пожилого человека может стать эффективным средством для продления сроков активного долголетия. К основным принципам организации занятий физической культурой для пожилых относятся индивидуальный подбор физических упражнений на основе предварительного медицинского обследования, периодический врачебный контроль состояния организма.

Для лиц пожилого возраста недопустимы интенсивные нагрузки. Развитие анаэробного состояния может привести к нарушению гомеостаза, спазму сосудов головного мозга, сердца, других органов, вызвать инсульт, инфаркт и др. Противопоказаны игры, требующие резких движений и ускорений, нежелательно введение соревновательных элементов, так как излишнее эмоциональное напряжение может осложниться гипертоническим кризом или приступом стенокардии. Следует обязательно исключать упражнения со статическими усилиями, затрудняющие нормальный ритм дыхания, упражнения, вызывающие резкий прилив крови к голове. Они могут осложниться подъемом АД, болями в сердце, головокружением. Целесообразно в основу тренировочной программы для пожилых включать упражнения аэробного характера (оздоровительную ходьбу со скоростью 4–5 км/час,

плавание). Дополнять их упражнениями на гибкость для суставов и основных мышечных групп, предотвращающими развитие возрастных дегенеративных изменений двигательного аппарата. В основу массовой физической культуры должен быть положен принцип аэробных нагрузок.

Доказано, что, если применяется нагрузка односторонней направленности, что характерно при занятиях одним средством или видом спорта (ходьба или бег, ритмическая или атлетическая гимнастика, плавание, велоспорт, спортивные игры, упражнения на гибкость и другие), работающие органы и системы получают преимущественное пластическое обеспечение за счет менее загруженных органов и систем. При этом органы и функциональные системы подвергаются дистрофическим изменениям и ускоренному старению. Такое одностороннее развитие и односторонняя тренированность может быть фактором, вызывающим патологические явления. Так, при отсутствии силовой и скоростно-силовой направленности на занятиях к возрасту 60–75 лет резко снижается сила мышц верхнего плечевого пояса и туловища, нарушается деятельность функционального обеспечения скоростной работы. Исключение же из тренировочного процесса физической нагрузки на выносливость приводит к тому, что к возрасту 40 лет жизненный показатель и показатели деёспособности сердечно-сосудистой системы находятся примерно на таком же уровне, как и у лиц в возрасте 75 лет и старше, занимающихся оздоровительным бегом или комплексной тренировкой. В пользу всесторонней направленности оздоровительных средств говорят и социологические данные. Опросы показывают, что чем старше организм, тем большее число людей желают заниматься общей физической подготовкой. В возрасте свыше 50 лет число таких лиц достигает 100 %. Следует отметить, что применение в среднем и пожилом возрасте таких наиболее распространенных средств и форм физической культуры, как ходьба или зарядка, обеспечивают достижение более высокого уровня здоровья к возрасту 75 лет.

Понимание нормального течения физиологических процессов человеческого организма дает возможность и специалистам в области физической культуры, и самому человеку, активно занимающемуся спортом и физической культурой, правильно оценивать функциональное состояние и работоспособность организма в различные возрастные периоды и при разнообразных формах и условиях занятий.

Глава XX. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Заболевания возникают в результате воздействия тех или иных факторов внешней или внутренней среды, превышающих приспособительные и компенсаторные возможности организма. Можно ли избежать подобной ситуации? Ответ на этот вопрос неоднозначен. Для этого необходимо заниматься своим здоровьем, поднимать свои функциональные резервы и поддерживать их постоянно на высоком функциональном уровне. В системе средств естественной терапии, профилактики заболеваний и оздоровления организма одно из первых мест принадлежит физической культуре.

Основным средством, с помощью которого достигается ожидаемый результат, являются физические упражнения, или мышечное движение. Их еще называют локомоциями. Выдающийся русский физиолог XIX столетия И. М. Сеченов считал, что нет ни одной функции организма, которая напрямую или опосредованно не связана с движением. Потребность в движении как проявление биологической сущности человека есть такая же естественная потребность, как и все остальные – в пище, тепле, уважении, безопасности и так далее.

Физическая культура, по определению, – очень широкое понятие. Оно включает в себя использование физических упражнений в определенном количественном и качественном сочетании, направленных: на закаливание организма; на поддерживание и укрепление здоровья человека; на рациональную организацию труда и отдыха; на формирование активной жизненной позиции и долголетия. Физические нагрузки являются важными факторами в укреплении здоровья человека, в его физическом развитии и воспитании, а также в профилактике заболеваний. Доказано, что недостаточное мышечное напряжение (гиподинамия) отрицательно влияет на состояние здоровья (физиологические функции), особенно на сердечно-сосудистую систему.

Гиподинамия – ограничение двигательной активности, обусловленное особенностями образа жизни, профессиональной деятельности, цифролизацией, длительным постельным режимом и другими факторами.

При гиподинамии (гипокинезии) резко сокращается поток проприоцептивных раздражителей, что ведет к снижению лабильности нервной системы на всех ее уровнях, интенсивности протекания вегетативных процессов и тонуса мускулатуры. При ограничении двигательной деятельности происходит извращение нервно-соматических и вегетативных реакций. Кроме того, гиподинамия (гипокинезия) ведет к существенным изменениям гомеостаза, функциональным нарушениям эндокринной и кардиореспираторной системы, морфофункциональным изменениям тканей опорно-двигательного аппарата и так далее.

Адекватная двигательная активность гармонично формирует организм в анатомо-функциональном отношении, во многом определяет устойчивость человека к неблагоприятным условиям окружающей среды, к инфекционным заболеваниям.

Продолжительное ограничение нагрузки на ткани ОДА может стать причиной возникновения различных функциональных нарушений (отклонений). В далеко зашедших случаях оно может повлечь за собой глубокие патологические изменения и способствовать возникновению атеросклероза, гипертонической болезни, инфаркта миокарда, ожирения, мочекаменной болезни, подагры и других заболеваний.

Гиподинамия приводит к снижению функциональных возможностей мышечной системы. Так, после двухмесячного постельного режима на 14–24 % уменьшаются силовые показатели, на 26–35 % динамическая и статическая выносливость, падает

тонус мышц, сокращаются их объем и масса. Теряется рельефность мышц из-за отложения подкожного жира. Гиподинамия ведет к снижению минеральной насыщенности костной ткани (остеопороз). Нарушение минерального обмена наблюдается уже на 12–15-е сутки постельного режима.

Гиподинамия у детей приводит к более выраженным нарушениям, чем у взрослых, и не только физической, но и умственной работоспособности. А снижение двигательной активности в среднем и пожилом возрасте может ускорить развитие атеросклероза и, ухудшая регуляцию тонуса сосудов, способствует нарушениям мозгового и сердечного кровообращения. В результате недостатка движений, сидячего образа жизни преждевременно возникают слабость и дряблость мышц, появляется сутулость, ускоряются процессы старения, нередко повышается АД.

Наблюдения отечественных и зарубежных авторов свидетельствуют, что оптимальный режим занятий физкультурой – не менее трех раз в неделю по 45–60 минут в день. Энергетические затраты должны составлять не менее 500 ккал, то есть больше суточного основного обмена.

Физиологическое обоснование применения средств физической культуры. Среди разнообразных средств физической культуры существуют применяемые как в домашних, амбулаторных и санаторно-курортных условиях, так и в оздоровительных секциях (группах здоровья).

Физические упражнения, стимулируя моторно-висцеральные рефлексы, способствуют ускорению процессов метаболизма в тканях и активации гуморальных процессов. При соответствующем подборе упражнений можно избирательно воздействовать на моторно-сосудистые, моторно-кардиальные, моторно-пульмональные, моторно-желудочно-кишечные и другие рефлексы, что позволяет повышать преимущественно тонус нужных систем и органов.

Гимнастика. Особенностью гимнастических упражнений является их естественно-биологическое содержание, так как в профилактических целях используется одна из основных функций, присущая всякому животу организму – функция движения. Она представляет собой биологический раздражитель, стимулирующий процессы роста, развития и формирования организма.

Утренняя гигиеническая гимнастика (УГГ). Она включает в себя комплекс физических упражнений с предметами (гимнастическая палка, гантели, эспандеры, набивные мячи, эластичные резиновые бинты и другие) и без предметов. При этом различают пассивные, активные и смешанные формы упражнений.

Особенностями УГГ, прежде всего, являются: многообразие основных упражнений, их вариантов и комбинаций, включая левый и правый способы выполнения; связанные с этим многообразием широкие возможности для целенаправленного развития функциональных, координационных и технических способностей занимающихся.

УГГ вызывает повышение деятельности кардиореспираторной и эндокринной систем, ускоряет процессы метаболизма в тканях, ликвидирует застойные явления. После выполнения комплекса УГГ легочная вентиляция, ЧСС, поглощение кислорода увеличиваются.

Производственная гимнастика (ПГ). Существуют производственная гимнастика и гимнастика после урока (уроков) у школьников. В комплекс включается несколько упражнений (3–5) продолжительностью 3–7 минут, 1–2 раза за смену. Особенно необходима эта гимнастика там, где имеет место сидячая, монотонная работа, с включением в работу в основном мелких мышц рук, а также в школах – особенно для школьников 1–4 классов.

Цель гимнастики – активный отдых. В комплекс должны входить упражнения на большие мышечные группы и группы мышц, несущих статическую нагрузку, а также упражнения на растягивание соединительнотканных образований, диафрагмальное дыхание; исходное положение должно быть вертикальным при сидячей работе и сидя и лежа – при работе стоя. Кроме того, целесообразно включение упражнений на расслабление (релаксацию) мышц, непосредственно выполняющих трудовые действия. В основе активного отдыха лежит феномен, установленный И. М. Сеченовым. Деятельность одних мышечных групп (конечностей) способствует устранению утомления в других мышечных группах при их работе.

Гимнастика в воде. Плавание в ластах, с лопаточками и гимнастика в воде – это сочетание физических упражнений и температурного воздействия воды с лечебной и профилактической целью. Нахождение в воде значительно повышает теплоотдачу и обмен веществ, активизирует гемодинамику.

Плавание и выполнение физических упражнений, игры в воде оказывают общее воздействие на организм, способствуют улучшению подвижности в суставах (при травмах, контрактурах и других), повышению тренированности мускулатуры, снятию болевого синдрома, а также действуют как закаливающий фактор при температуре воды 26–28,5°С и вызывают релаксацию мышц при ее повышении (свыше 38°С).

Гимнастика в воде рекомендуется при варикозной болезни вен, остеохондрозе, ожирении, колитах, холецистите, сахарном диабете, вегетососудистой дистонии и других заболеваниях.

Занятия в воде проводятся 3–4 раза в неделю по 15–45 минут. Постепенно увеличиваются нагрузка и повторяемость выполнения упражнений, а также их количество.

Занятия на тренажерах. В последние годы в профилактическую, оздоровительную физкультуру (и в систему реабилитации) стали широко внедряться спортивные тренажеры, которые позволяют целенаправленно воздействовать на тот или иной сегмент, орган, функциональную систему. Особая ценность спортивных тренажеров состоит в том, что, включая те или иные упражнения, можно их дозировать по силе, темпу, амплитуде движений. Они предназначены для развития силы, выносливости мышц, разработки суставов и для ликвидации последствий гиподинамии, то есть мышечного голода.

Применяемые на спортивных тренажерах упражнения воздействуют на определенные (отдельные) группы мышц и суставы. Кроме того, выполнение таких упражнений требует определенного исходного положения. Занятия на тренажерах (и облегченных аппаратах, различных блоках и тому подобные) способствуют развитию основных движений в суставах и укреплению мускулатуры. Правильно организованные занятия на тренажерах не должны вызывать болевых ощущений.

Спортивные игры. Спортивные игры хорошо развивают двигательную активность, однако они не могут конкурировать с лыжным спортом, плаванием, греблей и другие. Игровые виды спорта, особенно баскетбол, теннис, ручной мяч, можно отнести к типу импульсивно-скоростной тренировки. Они незначительно повышают функциональное состояние. В современном физическом воспитании игры нашли полное признание, и среди физических упражнений они в целом составляют значительную часть активного отдыха.

Теннис. Теннис – это игра с ответными ударами, в которую можно играть на открытом воздухе и в помещении. Для тенниса характерно многообразие движений: бег, повороты, вращения, сгибания, выпрямления, удары и прочие. Теннис – это высокоподвижная игра с известными физиологическими показателями естественной

интервальной нагрузки. Очень важно, что теннисом могут заниматься представители обоих полов до самого преклонного возраста.

Бадминтон. В бадминтон можно играть везде, он доступен людям любого возраста. Для этой игры не нужны специальная подготовка и специальные знания. Занятия бадминтоном способствуют развитию быстроты, ловкости, гибкости, глазомера, точности реакции, выдержки, а также спортивно-технических навыков. Благодаря этому бадминтон является и составной частью тренировок во многих видах спорта, и оздоровительным средством.

Настольный теннис. Настольный теннис развивает быстроту реакции, выносливость, ловкость, а также реактивные и координационные способности для управления технико-тактическими действиями. Настольный теннис является важным фактором активного отдыха, потому что им могут пользоваться люди самого разного возраста.

Лапта. Лапта способствует развитию быстроты, ловкости, координации движений и других качеств. Основной элемент игры – это бег с изменением направления. От темпа, скорости и длины пробегаемых отрезков, подготовленности (тренированности) зависит нагрузка, расход энергии может составлять от 3500 до 4000 ккал. ЧСС во время бега может достигать 160–190 в минуту. В процессе игры происходит совершенствование анализаторов (зрительного, слухового, двигательного). Зрительное восприятие в основном определяет поведение и действия игрока на поле. В процессе спортивных игр формируются ловкость, координация движений и моторика. Прыжки, броски (метания), сгибание, разгибание, вращение, повороты и другие действия положительно влияют на рост, развитие и осанку занимающегося.

Туризм. Туризм делится на водный, горный, пешеходный, лыжный туризм и велотуризм. Это составная часть физической культуры и спорта, поскольку он служит ведению здорового образа жизни, развитию, совершенствованию и сохранению физической работоспособности и всесторонней подготовки.

Оздоровительный эффект туризма связан с воздействием трех важнейших факторов: внешней среды, климатических условий (весна, лето, зима, осень) и вида деятельности (пеший, лыжный, водный и тому подобное).

Пешие походы приобретают особое значение – они могут использоваться в качестве активного отдыха широкими слоями населения всех возрастов, при любой погоде и в любое время года. В этой связи пешие походы являются хорошим средством оздоровления. Туристы обычно проходят от 20 до 60 км в день со скоростью от 5 до 7 км/ч и с перепадом высоты от 500 до 1500 метров. Эстетико-познавательный поход осуществляется со средней скоростью 4–5 км/ч и вызывает эффект психологического расслабления.

Самый экономный темп ходьбы равен 4 км/ч. При длительных нагрузках темп должен оставаться по возможности постоянным, так как чередование темпа и частые остановки вызывают быстрое утомление. В многодневных походах каждый 3-й или 4-й день должен быть днем отдыха.

Для *велотуризма* подходит любой дорожный велосипед. Туловище велосипедиста лишь немного наклонено вперед, и если возникают боли в плечевых суставах, то это связано с неправильным положением. В таком случае руль следует установить немного выше. На обычном велосипеде при нормальных условиях езды, то есть по хорошей дороге без подъемов, велосипедист-турист может ехать со средней скоростью в 15–18 км/ч.

Водный туризм. Отправляясь в поход по реке, турист должен управлять лодкой и плавать. Довольно рискованным туристическим путешествием является сплав на лодках или плотах по горным рекам.

Протяженность маршрута по реке на складной байдарке или на гребной шлюпке 30–40 км. На больших озерах и в прибрежных водах обычно используют учебные лодки. При попутном ветре туристы охотно пользуются парусными лодками. Туристические походы на парусных лодках предпринимаются преимущественно на больших озерах или на море.

Лыжный туризм. Свежий воздух и движение благоприятно воздействуют на здоровье. Лыжные прогулки в лесу (парке, сквере) приносят людям здоровье и бодрость. Лыжные прогулки более ценны, чем летние турпоходы. Во время коротких остановок рюкзаки снимать не следует, а лыжи снимаются. В походах с детьми нужно отдыхать в отапливаемых помещениях. Расход энергии зависит от вида и сложности маршрута, интенсивности перемещения (движения). Так, при ходьбе в среднем темпе с рюкзаком весом до 15 кг энергии расходуется в 5 раз больше, чем в покое, а при ходьбе на лыжах со скоростью до 10 км/ч без рюкзака – в 10 раз больше.

Горный туризм требует больших затрат энергии, которые связаны с личным снаряжением (лесоруб, кошки, пояс, обвязка, молотки, крючья и другими), недостатком кислорода (среднегорье или высокогорье), низкой температурой воздуха на высоте, глубоким снегом и другими факторами.

Ближний туризм. Обычно это пешеходные прогулки в течение 1–3 и более дней, они рассматриваются как метод тренировки всего организма. Ближний туризм применяется в санаторно-курортном лечении, а также на туристических базах. Прогулки могут проводиться на лодках, велосипедах, лошадях и тому подобное. Смена рельефов местности, солнечные и воздушные ванны – все это благоприятно действует на психику и функциональные системы организма.

Терренкур. Является разновидностью ходьбы. В отличие от дозированных прогулок по ровной местности, маршруты терренкура проходят с использованием пересеченной местности в условиях санаторно-курортной зоны или в парке, лесу и других местностях. Величина физической нагрузки зависит от длины маршрута (обычно 500, 1500, 2000, 3000 метров), рельефа местности, темпа, количества остановок. Терренкур показан при заболеваниях кардиореспираторной системы, неврозах, эндокринных заболеваниях, при ожирении, пожилым людям и всем тем, кто ведет здоровый образ жизни.

Оздоровительная тренировка. Основной задачей процесса оздоровительной тренировки является развитие физических качеств (силы, выносливости, быстроты, ловкости и гибкости) до уровня, обеспечивающего хорошее состояние здоровья человека. Для развития силы могут использоваться упражнения с отягощением собственным весом тела и его частей, с отягощением малого, среднего и большого веса, с резиновыми амортизаторами, с эспандером, упражнения на тренажерах; атлетическая гимнастика; тяжелая атлетика; гиревой спорт. Для развития выносливости полезны все циклические виды спорта, нагрузка в которых продолжается длительное время (от 6 до 30 минут и более). К ним относятся такие виды спорта, как спортивная ходьба, бег на средние и длинные дистанции, лыжные гонки, биатлон, конькобежный спорт, плавание, гребля, велосипедный спорт. Для развития быстроты движений целесообразны упражнения на велоэргометре, продолжительностью не более 20 секунд; спринтерские дистанции в легкой атлетике, велосипедном, конькобежном спорте (100, 200 метров); подвижные игры и элементы спортивных игр. Для развития ловкости большое значение имеют объем двигательных умений и навыков, разучивание новых, сложных движений, а также акробатические упражнения, упражнения спортивной и художественной гимнастики, аэробика, прыжки в воду, фигурное катание на коньках. Для развития гибкости рекомендуется выполнять гимнастические упражнения для всех частей тела с

большой амплитудой: активные (за счет собственных усилий) и пассивные (за счет внешних сил), например, с помощью партнера или с использованием отягощений.

Расход энергии в оздоровительной физической культуре. В состоянии относительного физического покоя (сидя, стоя) человек в среднем расходует примерно 1,0–1,25 ккал/мин. Эта величина варьирует в зависимости от роста, массы тела, пола и температуры воздуха. Известно, что для сохранения здоровья, поддержания высокой физической работоспособности и нормального течения окислительно-обменных процессов человек должен расходовать на двигательную активность примерно 1200–2000 ккал в сутки сверх основного обмена, который обычно составляет 1600–1800 ккал. Степень интенсивности физических нагрузок, их объем должны соответствовать режиму двигательной активности.

Тот или иной вид физической деятельности контролируется по ЧСС при предварительном тестировании на велоэргометре (степ-тесте), где определяется толерантность к физической нагрузке. Тестирование позволяет судить о функциональном состоянии кардиореспираторной системы. Достигнутая при пороговой физической нагрузке ЧСС, электрокардиографические показатели, артериальное давление служат исходными данными для дозирования физической нагрузки (ходьба, бег, игра и другие виды физической деятельности). У здоровых людей увеличение потребности левого желудочка в кислороде во время выполнения умеренной нагрузки сопровождалось увеличением скорее коронарного кровотока, чем коэффициента поглощения кислорода.

Оздоровительные упражнения с различной направленностью средств должны вовлекать в работу как можно больше мышц, это обеспечивает всестороннеё физическое развитие человека и совершенствование всех его органов и систем. При такой организации занятий происходит своего рода встряска организма, которая мобилизует его скрытые силы. Смена направленности физической нагрузки при этом является специфическим раздражителем, на который организм отвечает комплексом защитных приспособительных реакций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В системе научных дисциплин, на которых строится физическое воспитание, физиология занимает особое место. Она вооружает знаниями интимной природы функциональных состояний, которыми сопровождается мышечная деятельность. Ведущую роль в управлении физиологическими функциями отечественная физиологическая школа придает нейрогуморальным регуляциям. Любой акт жизнедеятельности, от элементарных двигательных рефлексов до сложнейших поведенческих реакций, подчиняется общим физиологическим закономерностям. Эти закономерности вытекают из сущности живой организации – системы соподчиненных уровней жизнедеятельности, обеспечивающих сохранение устойчивого неравновесного состояния.

Систематическая мышечная деятельность расширяет границы адаптивных возможностей человека, повышает резервы сохранения устойчивой неравновесности организма. Иначе говоря, границы, в рамках которых сохраняется физиологический уровень регуляций, расширяются. Поиски средств расширения границ устойчивости к физическим нагрузкам неизбежно связаны с раскрытием физиологических механизмов адаптивных перестроек в организме. К этому направлены исследования ведущих научных коллективов и лабораторий.

Практический опыт работы, внимательное отношение к делу, наблюдательность и постоянный интерес к физиологии помогут преподавателю решить важнейшую задачу воспитания всесторонне развитого и физически здорового человека.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аганянц, Е. К. Очерки по физиологии спорта: Учеб. Пособие для высших учебных заведений физической культуры / Е. К. Аганянц, Е. М. Бердичевская, А. Б. Трембач – Краснодар: «Экоинвест», 2001. – 204 с.

2. Анохин, П. К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона. Усп.физиол.наук. – 1974. Т. 5. №5. – С.5–92

3. Аршавский, И. А. Физиология развития детей. – Пущино: НЦБИ АН СССР, 1985. – С. 36.

4. Бальсевич, В. К. Очерки по возрастной кинезиологии человека / В. К. Бальсевич. – Москва : Советский спорт, 2009. – 218 с.

5. Бернштейн, Н. А. Физиология движений и активность / под ред. О. Г. Газенко. – АН СССР. – М.: Наука, 1990. – 494 с.

6. Бернштейн, Н. А. О ловкости и ее развитии / Н. А. Бернштейн – Москва : Физкультура и спорт, 1991. – 287 с.

7. Виленский, М.Я. Физическая культура и здоровый образ жизни студента : учебное пособие / М. Я. Виленский, А. Г. Горшков. – 4-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2016. – 240 с.

8. Волков, Н. И. Биоэнергетика напряженной мышечной деятельности человека и способы повышения работоспособности спортсменов : автореферат дис. ... доктора биологических наук : 14.00.17 / АМН СССР. НИИ нормал. физиол. им. П. К. Анохина. - Москва, 1990. – 101 с.

9. Гальперин, С. И. Физиология человека и животных / Учеб. пособие для студентов университетов и педагогических факультетов. – Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1970. – 684 с.

10. Городничев, Р. М. Физиология силы : монография / Р. М. Городничев, В. Н. Шляхтов. – М.: Спорт, 2016. – 232 с.

11. Гурфинкель, В. С. Регуляция позы человека / В. С. Гурфинкель, Я. М. Коц, М. Л. Шик – М.: Наука, 1965. – 256 с.

12. Зациорский, В. М. Физические качества спортсмена : основы теории и методики воспитания / В. М. Зациорский. – [4-е изд.]. – М .: Спорт, 2019 – 200 с.

13. Смирнов, В. М. Дубровский В. И. Физиология физического воспитания и спорта: Учеб. для студ. сред. и высш. учебных заведений. – М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС. 2002. – 608 с.

14. Крестовников, А. Н. К вопросу о физиологическом механизме так называемой «спортивной формы» // Теор. и практ. физ. культ., т. 17. в. 6. – 1954. – 413 с.

15. Могендович, М. Р. Физиологические основы взаиморегуляции моторики и вегетатики – Пермь : [б. и.], 1966. – 28 с.

16. Пуни, А. Ц. Психологические основы волевой подготовки в спорте : Учеб. пособие. – Ленинград : [б. и.], 1977. – 48 с.

17. Уфлянд, Ю. М. Основные этапы развития учения Н. Е. Введенского / Проф. Ю. М. Уфлянд. – Москва : Медгиз, 1952. – 112 с.

18. Физическая культура. Основы здорового образа жизни: учебное пособие / Ю. П. Кобяков. – Изд. 2-е – Ростов н/Д : Феникс, 2014. – 251 с.

19. Фарфель, В. С. Физиология спорта : Очерки. – Москва : Физкультура и спорт, 1960. – 384 с.

20. Фарфель, В.С. Физиология человека : (С основами биохимии) : [Учебник для техникумов физ. культуры и школ тренеров] / В. С. Фарфель, Я. М. Коц. – Москва : Физкультура и спорт, 1970. – 343 с., ил.

21. Фомин, Н. А. Физиология человека: Учеб. Пособие для студентов фак. физ. и воспитания пед. ин-тов – М.: Просвещение, 1982. – 320 с., ил.

22. Физиология мышечной деятельности: Учеб. для ин-тов физ. культ. / Под ред. Я. М. Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 347 с., ил.

23. Физическая культура : учебник /М. Я. Виленский, А. Г. Горшков. – 3-е изд., стер. – Москва : КноРус, 2016. – 213 с.

24. Шкляренко, А. П. Физиология человека (курс лекций) : учебное пособие / А. П. Шкляренко. – Федер. гос. бюдж. образоват. учреждение высш. проф. образования «Куб. гос. ув-т». Фил. в г. Славянске-на-Кубани. – Ульяновск : Издательство «Зебра», 2024. – 229 с.

25. Шкляренко, А. П. Научные основы жизнедеятельности организма : Учеб. пособие / А. П. Шкляренко, Т. Г. Коваленко, Д. А. Ульянов; ВолГУ. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2007. – 192 с.

26. Шкляренко, А. П. Биологические аспекты физической активности и здорового образа жизни : Учеб. пособие / А. П. Шкляренко, Т. Г. Коваленко, Д. А. Ульянов. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2018. – 414 с.

СЛОВАРЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

АДАПТАЦИЯ – приспособление строения и функций организма, его органов и клеток к условиям среды.

АДЕКВАТНЫЙ – равный, вполне соответствующий.

АДИНАМИЯ – бессилие, слабость вследствие различных причин. Обычно под адинамией понимают физическую слабость, малую подвижность, обусловленную резким упадком сил.

АККЛИМАТИЗАЦИЯ – приспособление человека к новым, непривычным климатогеографическим условиям среды.

АКСЕЛЕРАЦИЯ – ускорение роста и физического развития детей и подростков.

АЛКАЛОЗ – форма нарушения кислотно-щелочного равновесия в организме, характеризующаяся сдвигом соотношения между анионами кислот и катионами оснований крови в сторону увеличения катионов. Алкалоз метаболический возникает вследствие нарушений обмена веществ и накопления в организме метаболитов со щелочными свойствами.

АЛЛЕРГИЯ – необычная (повышенная) чувствительность организма к воздействию факторов окружающей среды (химических веществ, микробов и продуктов их жизнедеятельности, пищевых продуктов и другие), называемых аллергенами.

АНАБОЛИЗМ – совокупность процессов синтеза тканевых и клеточных структур, а также необходимых для жизнедеятельности соединений.

АНАЭРОБНЫЕ УПРАЖНЕНИЯ – выполняются в условиях с недостаточным потреблением кислорода, то есть интенсивность упражнения такова, что кислорода надо потратить больше, чем можно его получить. Бег на 100 м самый типичный пример анаэробного упражнения.

АНАЛЬГЕЗИЯ – отсутствие (ослабление) болевой чувствительности.

АНЕМИЯ (малокровие) – заболевания, характеризующиеся снижением количества гемоглобина в крови.

АНЕСТЕЗИЯ – потеря, утрата того или иного вида чувствительности. Существует анестезия тактильная, болевая (анальгезия), температурная (терманестезия), суставно-мышечная (батианестезия) и так далее.

АНТАГОНИЗМ МЫШЦ – согласованная работа двух или нескольких мышц, при которой действию одной мышцы противодействует другая (другие), например, при сгибании в локтевом суставе мышцам-сгибателям противодействуют мышцы-разгибатели, в результате чего достигаются большая плотность и точность движений.

АППЕТИТ – эмоциональное ощущение, связанное со стремлением к потреблению пищи.

АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПОТЕНЗИЯ (ГИПОТОНИЯ) характеризуется понижением систолического давления ниже 100 мм рт. ст., диастолического давления – ниже 60 мм рт. ст.

АСИММЕТРИЯ – отсутствие или нарушение симметрии.

АСТЕНИЧЕСКИЙ СИНДРОМ – повышенная утомляемость, истощенность, ослабление или утрата способности к большому физическому или психическому напряжению.

АСТЕНИЯ – состояние нервно-психической слабости.

АТОНИЯ – отсутствие мышечного тонуса. Наблюдается при поражении периферического двигательного нейрона и мозжечка.

АТРОФИЯ – уменьшение в объеме и размерах органов и тканей вследствие гибели клеточных и тканевых элементов в результате какого-либо патологического процесса, при котором либо нарушается питание тканей, либо на длительное время снижается их функциональная активность.

АФФЕРЕНТАЦИЯ – поток нервных импульсов, поступающих от экстро- и интерорецепторов в ЦНС.

АФФЕРЕНТНЫЕ ПУТИ – волокна восходящих проводящих путей ЦНС.

АЦИДОЗ – форма нарушения кислотно-щелочного равновесия в организме, характеризующаяся сдвигом соотношения между анионами кислот и катионами оснований в сторону увеличения анионов. Ацидоз метаболический возникает при нарушениях обмена веществ, сопровождающихся усиленным образованием или связыванием нелетучих кислот (молочной, пировиноградной, ацетоуксусной и другие) Ацидоз тканевой характеризуется снижением pH межклеточной жидкости. Ацидоз физиологический – метаболический или смешанный ацидоз, временно возникающий при интенсивной физической нагрузке.

АЭРОБНЫЕ УПРАЖНЕНИЯ – вид физических упражнений, повышающих усвоение организмом атмосферного кислорода. Это нагрузки, которые увеличивают частоту дыхания и пульса на относительно продолжительное время, не нарушая равновесия между потреблением и использованием атмосферного кислорода: быстрая ходьба, бег, плавание и многие другие виды.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ – периодически повторяющиеся изменения характера и интенсивности биологических процессов и явлений в живых организмах.

БЫСТРОТА – это комплекс морфо-функциональных свойств человека, непосредственно определяющих скоростные характеристики движений, а также время двигательной реакции. Различают проявления различных видов быстроты: быстрота реакции; быстрота, проявляющаяся в частоте движений, измеряется числом движений в единицу времени; быстрота отталкивания в беге, ходьбе, прыжках и др. локомоциях – параметр, определяющий скорость передвижения, высоту или дальность прыжка и другие.

ВАЗОДИЛЯЦИЯ – расширение сосудов (увеличение их диаметра), обусловленное расслаблением их гладких мышц.

ВАЗОКОНСТРИКЦИЯ – сужение сосудов (уменьшение их диаметра), обусловленное сокращение их гладких мышц.

ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА – автономная нервная система, часть нервной системы, регулирующая деятельность органов кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, размножения, а также обмен веществ и рост; играет ведущую роль в поддержании постоянства внутренней среды организма и в приспособительных реакциях. ВНС подразделяется на симпатическую и парасимпатическую.

ВЕНТРАЛЬНЫЙ – передний, брюшной.

ВИСЦЕРАЛЬНЫЙ – внутренний.

ВИТАМИНЫ – органические вещества, которые не могут вырабатываться в организме, но имеют жизненно значение для клеточных функций, и их необходимо получать из рациона питания.

Витаминная недостаточность (авитаминозы, гиповитаминозы) -
группа заболеваний, развивающихся при недостаточном поступлении в организм одного или нескольких витаминов или полном отсутствии их в пище.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ – процесс, происходящий в организме человека после прекращения работы и заключающийся в постепенном переходе физиологических функций к исходному состоянию.

ВРАБАТЫВАЕМОСТЬ – свойство отдельных функциональных систем и организма в целом повышать уровни функционирования в начале работы в соответствии с её характером и интенсивностью.

ВРАБАТЫВАНИЕ – постепенный переход физиологических функций в начале работы на новый функциональный уровень, необходимый для успешного выполнения заданных рабочих действий.

«ВТОРОЕ ДЫХАНИЕ» – состояние, наступающеё после острого утомления, появившегося в начальном периоде интенсивной мышечной работы (например, во время бега на средние и длинные дистанции), характеризующеёся улучшением самочувствия и нередко повышением работоспособности.

ВЫНОСЛИВОСТЬ – способность противостоять утомлению, поддерживать необходимый уровень интенсивности работы в заданное время, выполнять нужный объем работы за меньшее время. Существуют различные виды выносливости: общая, специальная, силовая, скоростная, статическая, психическая.

ВЫСОТНАЯ ТРЕНИРОВКА – совокупность упражнений, направленных на выработку защитно-приспособительных реакций организма, его адаптацию к условиям разреженной атмосферы.

ГАЗООБМЕН В ТКАНЯХ – процесс переноса кислорода из крови капилляров большого круга кровообращения в клетки и углекислого газа из клеток в кровь.

ГЕМАТУРИЯ – наличие эритроцитов в моче.

ГЕМОДИЛЮЦИЯ – способ трансфузионной терапии, предусматривающий дозированное разбавление крови плазмозамещающими жидкостями с сохранением состояния нормального объёма крови.

ГЕМОЛИЗ (распад, разрушение) – процесс разрушения эритроцитов, при котором гемоглобин выходит из них в плазму.

ГИБКОСТЬ – свойство опорно-двигательного аппарата, большая степень подвижности его звеньев относительно друг друга, что обусловливается амплитудой движения в суставе. Величина амплитуды движений в суставах зависит от их строения, суставной капсулы, связок, от силы и эластичности мышц и так далее. Гибкость дает возможность выполнять движения с широкой амплитудой.

ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИЯ – избыточная вентиляция респираторных отделов легкого, не соответствующая кислородным запросам.

ГИПЕРЕМИЯ – увеличение кровенаполнения в каком-либо участке периферической сосудистой системы (мелких артериях, капиллярах и венах), вызывающее усиление притока крови в микроциркуляторную систему.

ГИПЕРЕРГИЯ – повышенная реактивность организма.

ГИПЕРЕСТЕНЗИЯ – повышенная кожная чувствительность.

ГИПЕРКИНЕЗ – избыточное движение.

ГИПЕРКИНЕЗИЯ – повышенная двигательная, мышечная активность.

ГИПЕСТЕЗИЯ – понижение чувствительности. Полная потеря чувствительности называется анестезией.

ГИПОВОЛЕМИЯ – снижение ОЦК, связано с потерями крови, жидких сред.

ГИПОКСИЯ – состояние, характеризующеёся недостаточным снабжением тканей организма кислородом.

ГИПОГЛИКЕМИЯ – пониженное содержание глюкозы в крови.

ГИПОДИНАМИЯ – ограничение двигательной активности, обусловленное особенностями образа жизни, профессиональной деятельности, длительным постельным режимом, пребыванием человека в условиях невесомости (длительные космические полеты).

ГИПОКАМНИЯ – пониженное парциальное давление углекислого газа в крови.

ГИПОКИНЕ – нарушение движений, проявляющеёся ограничением их объёма и скорости; наблюдается при некоторых поражениях экстрапирамидной системы, например при паркинсонизме.

ГИПОКСЕМИЯ – снижение содержания и парциального давления кислорода в крови.

ГИПОКСИЯ – понижение содержания кислорода в тканях или крови (гипоксемия).

ГИПОТЕНЗИЯ – пониженный уровень давления жидкости (крови, лимфы) в сосудах.

ГИПОТЕРМИЯ – понижение температуры тела.

ГЛИКОЛИЗ – синтез гликогена из глюкозных остатков с помощью соответствующих ферментов.

ГОЛОВНАЯ БОЛЬ – один из наиболее часто встречающихся симптомов различных заболеваний.

ГОМЕОСТАЗ – совокупность скоординированных реакций, обеспечивающих поддержание и восстановление постоянства внутренней среды организма.

ГОНИОМЕТРИЯ – метод исследования двигательной функции суставов конечностей путем измерения амплитуды их движения с помощью угломера.

ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ – регуляция жизнедеятельности организма или его отдельных систем, осуществляемая с помощью гормонов.

ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ОРГАНИЗМА – регуляция жизнедеятельности органов и систем, осуществляемая биологически активными веществами, растворенными в жидких средах организма.

ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ – мобильное сочетание форм, способов повседневной жизнедеятельности, которые соответствуют гигиеническим принципам, укрепляют адаптивные и резистентные возможности организма, способствуют эффективному восстановлению, поддержанию и развитию резервных возможностей, оптимальному выполнению личностью социально-профессиональных функций.

ЗДОРОВЫЙ СТИЛЬ ЖИЗНИ – мотивированный или неосознанный выбор поведения в зависимости от природной среды, социально-экономических условий, пола, возраста, образования, уровня интеллектуального и физического развития, личностных качеств индивидуума, ведущего здоровый образ жизни. Понятие введено Л.С. Выготским.

ДЕГЕНЕРАЦИЯ – перерождение и изменение структуры ткани, при которых уменьшается её жизнеспособность и ухудшается функция.

ДЕКОМПЕНСАЦИЯ – недостаточность или срыв механизмов восстановления функциональных нарушений и структурных дефектов организма.

ДЕПОНИРОВАНИЕ КРОВИ – накопление крови, временно не участвующей в циркуляции, в отдельных сосудистых регионах.

ДЕСИНХРОЗ – болезненное состояние, возникающее у человека при изменении привычного ритма сна и бодрствования при смене временных поясов (трансмеридиальные перелеты).

ДИСТАЛЬНЫЙ – расположенный дальше от центра или срединной линии тела.

ДОРСАЛЬНЫЙ – задний, спинной.

ДРОЖАНИЕ – вид гиперкинеза, характеризующийся небольшой амплитудой колебаний, относительной ритмичностью и локализующийся (как правило) в конечностях.

ДЫХАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ КОЖИ – способность кожных покровов осуществлять газообмен между организмом и окружающей средой.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ – свойство, противоположное наследственности и заключающеёся в изменении наследственных задатков – генов и в изменении их проявления под влиянием внешней среды.

ИММУНИТЕТ – комплекс реакций, направленных на защиту организма от инфекционных агентов и чужеродных веществ.

ИНТЕРОЦЕПТОРЫ – вид чувствительности, воспринимающий раздражение от внутренних органов.

КАУДАЛЬНИЙ – нижний.

КОЛИКА – внезапный приступ резких схваткообразных болей, возникающих при заболеваниях органов брюшной полости и почек.

КОЛЛАПС – тяжелое, угрожающеё жизни состояние, характеризующееся резким снижением артериального и венозного давления, угнетением деятельности ЦНС и нарушением обмена веществ.

КОМПЕНСАЦИЯ – физиологический процесс выравнивания функции организма.

КОМПЕТЕНТНОСТЬ – уровень подготовленности для деятельности в определенной сфере, степень овладения знаниями, способами деятельности, необходимыми для принятия верных и эффективных решений.

КРАНИАЛЬНЫЙ – верхний.

КРОВОИЗЛИЯНИЕ – это скопление крови в тканях или полостях органов, возникающеё в результате кровотечения. Ограниченное кровоизлияние в ткани называется гематомой, пропитывание тканей кровью без резких границ – кровоподтеком.

КРОВОТЕЧЕНИЕ – выход крови из сосудов в окружающую среду. Оно может быть наружным и внутренним (во внутренние полости организма). Последствия кровотечения зависят от быстроты и количества кровопотери. Большая потеря крови может привести к смерти.

КРИТЕРИЙ – обобщенный показатель развития системы, успешности деятельности, основа для классификации.

КУМУЛЯТИВНЫЙ ЭФФЕКТ – применительно к образованию термин обозначает ситуацию, когда накопленные индивидом знания и опыт усиливают его мотивацию к учению, а вновь приобретаемые, соединяясь с ранее имевшимися, не просто прибавляются к ним, а качественно обогащают общий итог учебной деятельности в различные периоды жизни.

ЛАТЕРАЛЬНЫЙ (боковой) – расположенный на удалении от срединной (сагиттальной) плоскости.

ЛОВКОСТЬ ИЛИ КООРДИНАЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ – это способности быстро, точно, целесообразно, экономно и находчиво, то есть наиболее совершенно, решать двигательные задачи (особенно сложные и возникающие неожиданно). Выражаются в умениях: овладевать новыми движениями, дифференцировать различные характеристики движений и управлять ими, импровизировать в процессе двигательной деятельности.

МЕДИАЛЬНЫЙ (средний) – лежащий ближе к срединной плоскости.

МЕТАБОЛИЗМ – изменение, превращение.

МЕТАБОЛИТЫ – вещества, образующиеся в организме в результате различных биохимических реакций в процессе обмена веществ.

МЕТОДИКА – это способы и приемы проведения тренировки, с помощью которых решаются конкретные задачи повышения уровня физической подготовленности и развития физических качеств.

МЕТОД – это способ применения избранных средств для достижения поставленной цели.

МИКРОКЛИМАТ – климат ограниченных, небольших участков земной поверхности, отличный от обычных метеорологических условий, свойственных данному климатическому поясу.

МОРФОЛОГИЯ – биологическая наука о форме и строении организмов.

МОТОНЕЙРОН – крупные нервные клетки в передних рогах спинного мозга. Мотонейроны называют по той мышце, которую они иннервируют (икроножные, полусухожильные, четырехглавые и тому подобное)

МОЧЕВАЯ КИСЛОТА – конечный продукт пуринового обмена в организме человека. Суточная экскреция почкой у человека равна 2,3–4,5 ммоль. Повышение концентрации мочевой кислоты в плазме крови (гиперурикемия) наблюдается при подагре, некоторых заболеваниях почек.

МОЧЕВИНА – конечный продукт обмена азотистых веществ. Образование мочевины происходит в печени. У человека в сутки образуется 20–30 грамм мочевины, её концентрация в плазме крови 3,8–5,8 ммоль/л. Почки служат основным органом экскреции мочевины.

НЕВРАЛГИЯ – боль, распространяющаяся по ходу ствола нерва или его ветвям, иногда с гипер- или гипостезией в зоне его иннервации.

НЕВРИТ – поражение нерва, характеризующееся изменениями в осевом цилиндре и миелиновой оболочке.

НОЦИРЕЦЕПТОР (синоним – рецептор болевой) – специализированное образование, эволюционно приспособленное для восприятия болевых раздражителей.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ (метаболизм) – совокупность химических и физических превращений, происходящих в организме и обеспечивающих его жизнедеятельность во взаимосвязи с внешней средой. Состоит из процессов ассимиляции и диссимиляции.

ОБЩИЙ АДАПТАЦИОННЫЙ СИНДРОМ – общая системная реакция организма, развивающаяся в ответ на воздействие разнообразных раздражителей (стрессоров): охлаждение, перегревание, боли, мышечное и психическое напряжение, недостаток кислорода и другие.

ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА – учебный процесс, направленный на развитие функциональных возможностей организма, двигательных качеств, умений, навыков, форм тела, который подготавливает человека к выполнению различной работы.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ – система сложных взаимодействий биохимических реакций в живых организмах.

ОНТОГЕНЕЗ – процесс индивидуального развития организма от рождения до старости.

ОПТИМАЛЬНАЯ НАГРУЗКА – эта нагрузка такого объёма и интенсивности, которая дает максимальный оздоровительный эффект. Зона оптимальных нагрузок ограничена снизу уровнем пороговых, а сверху – максимальных нагрузок. Оптимальная нагрузка обеспечивает повышение аэробных возможностей, общей выносливости и работоспособности, т.е. уровня физического состояния и здоровья.

ПАРАВЕРТЕБРАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ – область между лопаточной и задней срединной линиями (соответствует верхушкам поперечных отростков).

ПАРАСТЕЗИЯ – ненормальное ощущение, испытываемое без получения раздражения.

ПАРИЕНТАЛЬНЫЙ – наружный.

ПАСТОЗНОСТЬ – разлитая припухлость и уменьшение эластичности участка кожных покровов.

ПАТОЛОГИЯ – наука о болезнях, болезненных состояниях организма.

ПЕРИАРТИКУЛЯРНЫЕ ТКАНИ – ткани, окружающие сустав.

ПЕРИОСТИТ – воспаление надкостницы.

ПОРОГОВАЯ НАГРУЗКА – это нагрузка, превышающая уровень привычной двигательной активности. Это та минимальная величина тренировочной нагрузки, которая дает необходимый оздоровительный эффект. Пороговая нагрузка направлена на возмещение недостающих энергозатрат, повышение функциональных возможностей организма и снижение факторов риска.

ПРОКСИМАЛЬНЫЙ – расположенный ближе к началу конечности.

ПРОПРИОРЕЦЕПТОРЫ – вид чувствительности, воспринимающей раздражение, возникающеё внутри организма.

ПСИХИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ – способность человека адекватно реагировать на внешние и внутренние раздражители, умение уравновесить себя с окружающей средой.

ПРОФЕСИОНАЛЬНОЕ ЗДОРОВЬЕ – характеризует функциональное состояние человека по физическим и психическим показателям с целью оценки его способности к определенной профессиональной деятельности, а также устойчивость к неблагоприятным факторам, сопровождающим эту деятельность.

РАЗДРОЖЕНИЕ – воздействие на живую ткань различных раздражителей.

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ – сочетание соответствующих возможностей человека, обладающего специальными знаниями, умениями, навыками, физическими, психологическими и физиологическими качествами, совершать целенаправленные действия, формировать процессы мыслительной деятельности.

РАЗВИТИЕ – объективный процесс количественных и качественных изменений психических процессов, свойств, состояний во времени, выражающихся в закономерных преобразованиях. Развитие есть результат активного взаимодействия внутренних природных сил человека и социальных условий. Виды: физическое, трудовое, интеллектуальное, гражданско-политическое, эмоциональное, нравственное и эстетическое.

РАЗДРАЖИТЕЛЬ В ФИЗИОЛОГИИ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ – факторы внешней среды и их изменения, которые оказывают на рецепторы влияние, выражающеёся в изменении активности последних.

РЕАБИЛИТАЦИЯ (восстановление) – лечебно-восстановительные мероприятия. Медицинская реабилитация – комплекс мероприятий по восстановлению утраченных или ослабленных функций организма в результате повреждений, заболеваний или функциональных расстройств; спортивная реабилитация – восстановление организма после тренировочных (соревновательных) нагрузок (перегрузок).

РЕАДАПТАЦИЯ – процесс обратного приспособления структуры и функции организма человека к условиям внешней среды, направленный на сохранение относительного постоянства внутренней среды организма – гомеостаз.

РЕАКТИВНОСТЬ – способность организма отвечать определенным образом на действие различных раздражителей.

РЕАКЦИЯ – действие, возникающеё в ответ на то или иное воздействие; ответ организма на те или иные внешние или внутренние раздражения.

РЕАНИМАЦИЯ (оживление) – комплекс лечебных мероприятий, направленных на восстановление угасающих или угасших функций организма. К реанимационным мероприятиям могут быть отнесены: искусственное дыхание, непрямой (наружный) массаж сердца и другие.

РЕАКТИВНОСТЬ (противоп. – активность) – исходное положение о том, что действительные причины поведения человека являются исключительно внешними по

отношению к нему и что его поведение представляет собой не что иное как серию ответов на внешние стимулы.

РЕАКЦИЯ (в психологии) – любой ответ организма на изменение во внешней или внутренней среде, от биохимической Р. отдельной клетки до условного рефлекса.

РЕГЕНЕРАЦИЯ (возрождение, восстановление) – обновление структур организма в процессе жизнедеятельности и восстановление структур, которые были утрачены в результате патологических процессов. Различают два вида регенерации: 1) физиологическую – восстановление структур, отмирающих в процессе нормальной жизнедеятельности организма; 2) репаративную – восстановление после повреждений. Регенерация обеспечивает широкий диапазон приспособительных реакций организма, являясь структурной основой жизнедеятельности организма в норме и патологии.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ – сопротивляемость, устойчивость организма к воздействию различных повреждающих факторов.

РЕЛАКСАЦИЯ – расслабление.

РЕПАРАЦИЯ – процесс восстановления природной структуры клеток, тканей, поврежденной физическими или химическими агентами. Репарация в спорте проявляется в форме регенерации поврежденных органов и тканей опорно-двигательного аппарата.

РЕСТИТУЦИЯ – процесс восстановления деятельности обратимо поврежденных структур.

РЕФЛЕКС (-Ы) – возникновение, изменение или прекращение функциональной активности органов, тканей или целостного организма, осуществляемое при участии ЦНС в ответ на раздражение рецепторов организма.

РЕФЛЕКСАГГЕНАЯ ЗОНА (синоним – рецептивное, или рецепторное, поле) – область тела, в пределах которой расположены рецепторы одного типа, адекватное раздражение которых приводит к возникновению строго определенного рефлекса.

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА (РД) – совокупность образований, необходимых для осуществления рефлекса; состоит из рецептора, афферентного звена, центрального звена и эффектора. РД начинается с действия раздражителя на рецептор или рецепторы, в которых возникают возбуждения. Затем оно передается по афферентным волокнам (афферентное звено) в ЦНС (центральное звено), где переключается на эфферентные нейроны (эфферентное звено), наконец, по эфферентным нервным волокнам возбуждения достигает эффекторов (например, мышцы), где заканчивается действием (например, сокращением мышцы). Возбуждение с одних нервных клеток передается на другие через синапсы.

РЕФЛЕКСИЯ – размышление, самонаблюдение, самопознание; обращенность познания человека на самого себя, свой внутренний мир, психологические качества и состояние; склонность к самоанализу.

РЕЦЕПТИВНОЕ ПОЛЕ (синоним – рецепторное поле) – область, занимаемая совокупностью всех рецепторов, стимуляция которых приводит к изменению активности определенного элемента: афферентного волокна или сенсорного нейрона. Понятие рецепторное поле используется для обозначения зоны расположения чувствительных элементов, стимуляция которых приводит к возникновению рефлекса.

РЕЦЕПТОР – высокоспециализированное образование, способное воспринимать, трансформировать и передавать энергию внешнего стимула в нервную систему. Рецептором может являться как концевой участок дендрита сенсорного нейрона, так и весь сенсорный нейрон. Рецепторы подразделяются в зависимости от типа адекватного для них воздействия (механо-, фото-, хеморецепторы), а также по эффектам их стимуляции (ноцирецепторы, рецепторы тепловые, холодовые, тактильные, давления и так далее).

РЕЦЕПЦИЯ – процесс восприятия (приема) и трансформации энергии внешнего по отношению к нервной системе стимула в энергии метаболических процессов, приводящих к возникновению в нервном субстрате электрических потенциалов. Протекает в специализированных образованиях – рецепторах.

РЕЦЕПРОКНАЯ ИННЕРВАЦИЯ – иннервация антагонистических групп мышц и мышц, симметрично расположенных на другой половине тела.

САГИТТАЛЬНАЯ ЛИНИЯ – линия, вертикально рассекающая тело спереди назад.

САНГВИНИК – человек, обладающий сангвиническим темпераментом, проявляющимся активностью, подвижностью, стремлением к частой смене впечатлений, общительностью, разнообразием и богатством мимики.

СЕГМЕНТ СПИННОГО МОЗГА – составная часть определенного метамера тела. Метамер кроме спинномозгового сегмента (нейротом) включает участок кожи (дерматом), кости (скелетом) и внутренности (спланхнотом), интервируемые этим сегментом.

СЕГМЕНТАРНАЯ ИННЕРВАЦИЯ – иннервация определенного участка кожи тела и определенных скелетных мышц каждой парой спинномозговых корешков и каждым черепно-мозговым нервом. Распределение волокон пары корешков в определенных участках тела связано с сегментарным строением спинного мозга. Мышцы, закладывающиеся в сегменте тела, называются миотомами, а часть кожной поверхности, относящаяся к данному сегменту, обозначается как дерматом. Сегменты спинного мозга и позвонки соответствуют одному метамеру. Нервные волокна парами задних корешков идут к рецепторам не только «своего» метамера, но также выше и ниже – в соседние метамеры.

СЕНСОРНЫЙ – чувствительный, чувствующий, относящийся к ощущениям.

СИМПАТОАНДРЕНАЛОВАЯ СИСТЕМА – система регуляции физиологических процессов катехоламинами. Симпатоадреналовая система представлена симпатическим отделом ЦНС и хромаорфинной тканью, основная масса которой расположена в мозговом слое надпочечников.

СИНДРОМ – симптомокомплекс.

СИСТЕМА КРОВИ – органы кроветворения и кровообращения, периферическая кровь. Регулируют эти процессы нейрогуморальные механизмы.

СИЛА (силовые способности) – способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему за счет мышечных напряжений. Различают абсолютную силу, быструю или взрывную, медленную силу, максимальную, относительную, динамическую, изометрическую и другие.

СЕНСИТИВНОСТЬ (сензитивность) – характерологическая особенность человека, проявляющаяся в повышенной чувствительности к происходящим с ним событиям; обычно сопровождается повышенной тревожностью, боязнью новых ситуаций, людей, всякого рода испытаний и прочее.

СТИМУЛ – ответ-агент внешней или внутренней среды организма, который, действуя на ткани или организм в целом, вызывает активную реакцию живого субстрата.

СТРЕСС – состояние напряжения, возникающеё у человека под влиянием сильных воздействий. Стресс – это общая неспецифическая нейрогормональная реакция организма на любое предъявленное ему требование. При любом воздействии различных экстремальных факторов, как физических (жара, холод, травма и другие), так и психических (конфликт, радость, опасность и другие), в организме возникают однотипные биохимические изменения, направленные на преодоление действия этих факторов путем адаптации организма к предъявленным требованиям.

СУДОРОГИ – внезапное непроизвольное сокращение мышц.

СУТОЧНЫЕ РИТМЫ – изменение интенсивности и характера биологических процессов и явлений, повторяющихся с суточной периодичностью. Суточные ритмы свойственны большинству биохимических и физиологических процессов (колебаниям температуры тела, интенсивности обмена веществ и так далее). У человека отмечено около 100 физиологических функций, имеющих суточные ритмы.

СУХОЖИЛЬНЫЕ РЕФЛЕКСЫ (СР)– рефлекторные реакции, возникающие в ответ на раздражение рецепторов сухожилий и соответствующих мышц. СР, или рефлексы на растяжение, осуществляются за счет связей ограниченного типа, когда сокращение происходит только в той мышце, которую раздражают. Такое функциональное состояние отмечается у спортсменов массовых разрядов, то есть у недостаточно функционально подготовленных спортсменов.

ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА – комплексный показатель теплового состояния организма человека.

ТЕОРИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ – одна из основных теорий физиологии, наука о регуляции процессов внутри организма и связи организма с внешней средой с помощью функциональных систем.

ТЕПЛОВОЙ УДАР – болезненное состояние, вызываемое перегреванием тела.

ТЕСТ (в физической культуре и спорте) – это измерение или испытание, проводимое для определения уровня физического развития и подготовленности человека.

ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ – процесс поддержания температуры тела в определенных границах, обеспечивающий нормальное протекание жизненных функций независимо от колебаний температуры внешней среды.

ТОНУС МЫШЕЧНЫЙ – многозначное понятие, описывающеё комплекс явлений. В покое мышечные волокна обладают тургором, определяющим их сопротивление давлению и растяжению.

ТОРМОЖЕНИЕ – нервный процесс, приводящий к угнетению или предупреждению возбуждения.

ТРЕМОР – гиперкинез, проявляющийся непроизвольными, стереотипными, ритмичными колебательными движениями всего тела или его частей.

ТРОФИКА – совокупность обменных процессов, лежащих в основе клеточного питания и обеспечивающих сохранение структуры и функции тканей и органа.

ТРОФИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ОРГАНИЗМА – функция, обеспечивающая полноценное течение процессов обмена веществ, питания тканей, постоянное приспособление тканевых структур к требованиям функции и физиологическую регенерацию тканей.

УТОМЛЕНИЕ – сложный психофизиологический процесс временного снижения работоспособности, названный расстройством координационной функции ЦНС в результате работы.

ФАКТОРЫ РИСКА – физическое состояние или образ жизни, который, по данным эпидемиологических исследований, увеличивает подверженность той или иной болезни.

ФАЗЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ – последовательные периоды изменения работоспособности на протяжении рабочей смены (или тренировки), обусловленные влиянием характера труда (или тренировки) и условий окружающей среды. Принято выделять три фазы. Первая – фаза возрастания работоспособности. Вторая – фаза высокой и устойчивой работоспособности. Третья – фаза снижения работоспособности в результате развития утомления.

ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ (physical working capacity PWC) – определенное состояние организма, позволяющее выполнить тот или иной объём физической работы.

ФИЗИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ – состояние организма человека, при котором оптимально используются защитно-приспособительные механизмы, противостояние отрицательному влиянию среды.

ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ – процесс становления, формирования и последующего изменения на протяжении жизни индивидуума морфофункциональных свойств организма и основанных на них физических качеств и способностей.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ – интегральный комплекс наличных характеристик тех качеств и свойств организма, которые прямо или косвенно определяют деятельность человека.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА – динамическая саморегулирующаяся организация, складывающаяся на основе избирательного объединения разных органов и тканей организма для достижения полезного приспособительного результата. Формируется на метаболической основе или под влиянием факторов окружающей среды, у человека – прежде всего социальной.

ФУНКЦИЯ – взаимодеятельность элементов в системе, взаимодействие и субординация части и целого в живом организме.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ – способность живых организмов реагировать на различного рода раздражители, исходящие из внешней и внутренней среды, с целью формирования адаптивных поведенческих реакций. Основу чувствительности составляет активность рецепторов.

ЭКСПРЕМАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ – крайняя степень раздражения.

ЭМОЦИИ (чувства) – своеобразные переживания человеком своего отношения к чему-нибудь или кому-нибудь.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ – количество энергии в килоджоулях (ккал), расходуемое человеком на разные виды деятельности.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ – процессы обмена веществ, обеспечивающие снабжение клеток для выполнения актов жизнедеятельности.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС – разница между количеством энергии, поступающей с пищей и энергией, расходуемой организмом.

ЭНЕРГОМЕТРИЯ – определение расхода энергии, затрачиваемой организмом человека.

ЭРИТРОПОЭЗ – процесс образования эритроцитов в организме.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПУТИ – волокна нисходящих проводящих путей ЦНС. Импульсы по эффективному пути идут от высших отделов мозга и передаются на эффекторные нейроны спинного мозга: мотонейроны и нейроны, аксоны которых образуют преганглионарные вегетативные волокна, откуда по афферентным нервам достигают исполнительных органов.

ДОЛЖНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Наименование показателя	Цифровые значения
1. Кровь	
Количество крови в организме (%)	6–8
Объем циркулирующей крови (%) в покое:	50–60
Объем плазмы (%)	55–58
Объем форменных элементов (гематокрит) (%)	42–45
Состав плазмы:	
вода (%)	90–92
белки (г/л)	65–80
глюкоза венозная (моль/л)	3,10–6,40
холестерин (моль/л)	2,00–5,20
g-*липопротеиды (ед.)*	35–55
минеральные соли (г/л)	9
кальций в сыворотке крови (моль/л)	2,0–2,8
молочная кислота (моль/л) в покое:	1,1–2,2
при нагрузке:	
у нетренированных лиц	до 18
у высококвалифицированных спортсменов	до 32
Удельный вес крови	1,06–1,08
Вязкость крови (усл.ед) в покое:	3–5
при нагрузке:	до 7–8
Осмотическое давление (атм.)	7,7–8,1
Онкотическое давление (мм рт.ст.)	25–40
pH в покое:	
артериальной крови	7,40
венозной крови	7,35
при нагрузке:	
у нетренированных лиц	до 7,2
у высококвалифицированных спортсменов	до 6,9
Количество эритроцитов ($\times 10^{12}$/ л) в покое:	
у мужчин	4,5–6,2
у женщин	4,0–4,5
Количество гемоглобина (г/л) в покое:	
у мужчин	140–180
у женщин	120–140
1г гемоглобина связывает кислорода (мл)	1,34
Кислородная емкость крови (об%) в покое:	
артериальной	18–20
венозной	12–14
Артерио-венозная разница	6–8
при нагрузке:	
артериальной	до 22–25
венозной	до 5
артерио-венозная разница	до 20

Продолжение таблицы

Наименование показателя	Цифровые значения
Скорость оседания эритроцитов (мм/час):	
у мужчин	4–6
у женщин	6–10
Количество лейкоцитов (×10/л) в покое:	4–11
при нагрузках в отдельные фазы миогенного лейкоцитоза:	
лимфоцитарную	до 10–12
I нейтрофильную	до 16–18
2 нейтрофильную	до 20–50
Количество тромбоцитов ($\times 10^9$/л) в покое:	150–400
2. Кровообращение	
ЧСС (мин в минуту) в покое:	
у нетренированных мужчин	60–70
у нетренированных женщин	70–80
у высококвалифицированных спортсменов при выраженной экономизации функций	менее 60
при нагрузках:	до 230
Систолический объем крови (СОК) (мл) в покое:	
у нетренированных	60–80
у высококвалифицированных спортсменов	до 110
при нагрузках:	
у нетренированных	до 150
высококвалифицированных спортсменов	до 250
Минутный объем крови (МОК) (л/мин) в покое:	4–6
при нагрузках:	
у нетренированных	до 25
у высококвалифицированных спортсменов	до 42
Сердечный индекс (СИ) (л/мин/м)	3,0–4,5
Ударный индекс (УИ) (л/м)	0,45–0,55
Линейная скорость кровотока (м/с) в покое:	
в аорте	0,5
в капиллярах	5×10^{-3}
в полых венах	0,25
Время кругооборота крови (с) в покое:	23–25
при нагрузках:	до 8–10
Артериальное давление крови (мм рт.ст.) в покое:	
систолическое	105–140
диастолическое	60–80
пульсовое	40–60
при нагрузках:	
систолическое	до 230
диастолическое	до 140
пульсовое	до 100

Продолжение таблицы

Наименование показателя	Цифровые значения
3. Дыхание	
Частота дыхания (ЧД, мин$^{-1}$) в покое: *у нетренированных* *у высококвалифицированных спортсменов* при нагрузках:	 16–20 8–14 до 60–80
Отрицательное давление в плевральной полости (мм рт.ст): *при спокойном вдохе* *при спокойном выдохе*	 -9 -6
Дыхательный объем (ДО, л) в покое: *у нетренированных* *у высококвалифицированных спортсменов*	 0,5 1 до 1,0
Глубина дыхания (л) при нагрузках: *у нетренированных* *у высококвалифицированных спортсменов*	 до 1,5 до 4,0
Минутный объем дыхания (МОД, л×мин$^{-1}$) в покое: при нагрузках: *у нетренированных* *у высококвалифицированных спортсменов*	5–8 до 90 до 200–300
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ, л): *у нетренированных мужчин* *у нетренированных женщин* *у тренированных мужчин* *у тренированных женщин*	 3,0–3,5 2,5–3,0 5,0–8,0 4,0–5,0
Объем вредного пространства (л)	0,150
Утилизация кислорода (уO_2,%) в покое: *у нетренированных* *у высококвалифицированных спортсменов*	 2,5–3,0 3,5
при нагрузках: *у нетренированных* *у высококвалифицированных спортсменов*	 до 5,0 до 7,0
Потребление кислорода (пO_2, л/мин) в покое в условиях основного обмена: при нагрузках: *у нетренированных мужчин* *у высококвалифицированных спортсменов*	 0,250 до 3,5 до 8,0
Состав атмосферного воздуха (%): *– кислород* *– углекислый газ* *– азот*	 20,94 0,03 79,03
Состав выдыхаемого воздуха (%): *– кислород* *– углекислый газ* *– азот*	 16,0–18,0 3,0–4,0 79,7

Продолжение таблицы

Наименование показателя	Цифровые значения
Состав альвеолярного воздуха (%):	
– кислород	14,2–14,6
– углекислый газ	5,0–6,0
– азот	около 80
Основной обмен (кДж) в сутки	7072
в расчете на массу тела (кДж/кг/час)	4,16
Максимальное потребление кислорода в абсолютном значении ($МПК_{абс.}$, мл/мин/кг):	
у нетренированных мужчин	3,0–3,5
у нетренированных женщин	2,0–2,5
у тренированных мужчин	до 7,0–8,0
у тренированных женщин	до 4,0–5,0
Максимальное потребление кислорода в относительном значении ($МПК_{отн.}$, мл/мин/кг):	
в циклических видах спорта на выносливость:	
ниже средней	менее 60
средняя	60–69
хорошая	70–79
отличная	80 и более
в ациклических видах спорта:	
средняя	55–59
хорошая	60–65
отличная	66 и более
Максимальный кислородный долг (л):	
у нетренированных мужчин	5–10
у высококвалифицированных спортсменов	22–25
Физическая работоспособность в абсолютном значении (PWC_{170}абс., Вт):	
у нетренированных мужчин	115–180
у нетренированных женщин	75–125
у тренированных мужчин	до 400
у тренированных женщин	до 260
Физическая работоспособность в относительном значении (PWC_{170}отн., Вт/кг):	
у нетренированных мужчин	2,5
у высококвалифицированных спортсменов	до 4,9

ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ

Наименование величины	**Единица**	
	наименование	**обозначение**
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Площадь	квадратный метр	$м^2$
Объем	кубический метр	$м^3$
Скорость	метр в секунду	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	$м/с^2$
Плотность	килограмм на кубический метр	$кг/м^3$
Молярная концентрация	моль на кубический метр	$моль/м^3$
Частота	герц	Гц
Сила	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Электрическое сопротивление	ом	Ом

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД – артериального давления
АП – адаптационный потенциал
ВОЗ – всемирной организации здравоохранения
ВЭ – вентиляционный эквивалент
ДД – диастолическое артериальное давление
ДК – дыхательный коэффициент
ДО – дыхательный объем
ЖЁЛ – жизненная емкость легких
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт
ИГСТ – индекс Гарвардского степ-теста
КВП – коэффициент восстановления пульса
КД – кислородный долг
КЕК – кислородная ёмкость крови
КЗ – кислородный запрос
КО – комплексная оценки
КП – кислородный пульс
КПД – коэффициент полезного действия
КЧСМ – критическая частота световых мельканий
КЩР – кислотно-щелочное равновесие
ОО – остаточный объем легких
ОЕЛ – общую емкость легких
ОЦМ – общий центр масс
ЛВ – легочная вентиляция
МВЛ – максимальная вентиляция легких
МОД – минутный объем дыхания
МОК – минутный объем крови
МОС – минутный объём сердца
МПК – максимальное потребление кислорода
ПД – пульсовое артериальное давление
ПК – потребления кислорода
ПАНО – порог анаэробного обмена
СВ – сердечный выброс
СД – систолическое давление
СОК – систолический объем крови
ср АД – среднее артериальное давление
РЭГ – реоэнцефалография
ФЖЁЛ – фактическая жизненная емкость легких
ФР (PWC_{170}) – физическая работоспособность
ЦНС – центральная нервная система
ЧД – частота дыхания
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭМГ – электромиография
ЭЭГ – электроэнцефалограмма

Учебное издание

Александр Павлович Шкляренко

ФИЗИОЛОГИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И СПОРТА

Учебное пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 19.03.2025. Формат 60x84/16
Печать оперативная. Усл. п.л. 13,3
Тираж 500 экз. Заказ № 29-12-08.

Отпечатано с готового оригинал-макета в издательстве ЗЕБРА
432072, Россия, г. Ульяновск, ул. Жуковского, 83.