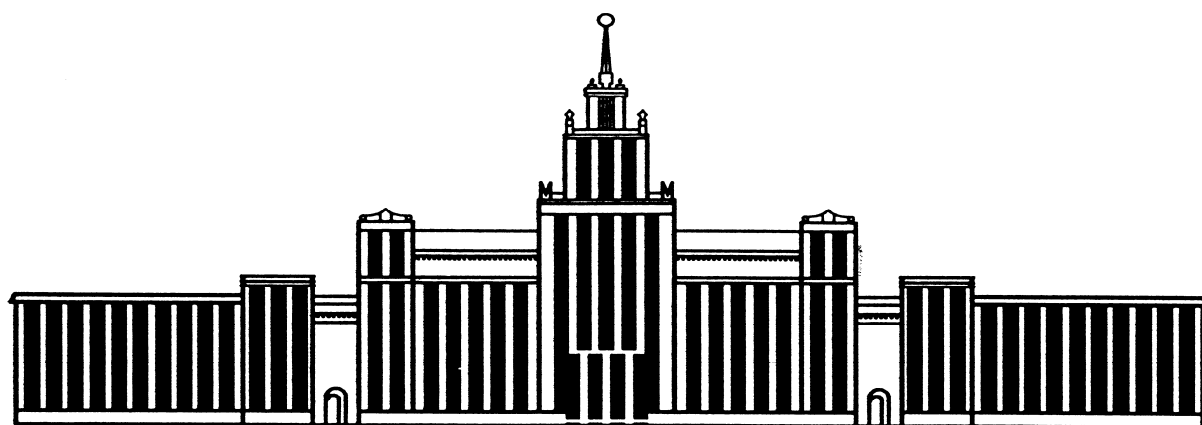


---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---



---

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Ч51.я7  
К683

В.В. Корольков

**ФИЗИОЛОГИЯ  
ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ  
И СПОРТА**

Курс лекций

---

Челябинск  
2014

---

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Южно-Уральский государственный университет  
Институт спорта, туризма и сервиса  
Кафедра «Теория и методика физической культуры и спорта»

Ч51.я7  
К683

В.В. Корольков

**ФИЗИОЛОГИЯ  
ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ  
И СПОРТА**

Курс лекций

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2014

УДК 612.0(075.8)  
ББК Ч510.9.я7  
К683

*Одобрено  
учебно-методической комиссией  
Институт спорта, туризма и сервиса*

*Рецензенты:*

д-р мед. наук, зав. кафедрой патологической физиологии Южно-Уральского государственного медицинского университета, профессор Л.В. Кривохижина;  
д-р биол. наук, профессор кафедры теоретических основ физической культуры Челябинского государственного педагогического университета В.И. Павлова

**Корольков, В.В.**

К683 Физиология физического воспитания и спорта: курс лекций / В.В. Корольков. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 77 с.

Курс лекций предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 050720 «Физическая культура», 020201 «Биология». Дисциплина «Физиология физического воспитания и спорта» является дисциплиной федерального компонента для студентов II курса. Большое внимание уделено вопросам, касающимся физической работы, физиологическим изменениям в функциональных системах и органах под влиянием физических нагрузок.

УДК 612.0(075.8)  
ББК Ч510.9.я7

# Лекция 1

## ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### План

- 1.1. Виды и свойства мышечной ткани.
- 1.2. Структурные основы сокращения мышц. Современные представления о механизмах мышечного сокращения.
- 1.3. Химизм и энергетика мышечного сокращения.
- 1.4. Особенности гладкой и сердечной мышечной ткани.
- 1.5. Двигательная единица.
- 1.6. Формы и типы мышечного сокращения.

### 1.1. Виды и свойства мышечной ткани

Мышечная ткань подразделяется на гладкую, поперечно-полосатую скелетную и поперечно-полосатую сердечную. Мышечная ткань обладает свойствами: возбудимостью, проводимостью и сократимостью.

К возбудимым тканям, кроме мышечной, относятся также нервная и железистая. Возбудимость мышечной ткани проявляется в способности приходить в состояние возбуждения под действием адекватного раздражителя. Возбуждение – активный физиологический процесс, возникающий в клетках в ответ на действие пороговой или надпороговой силы раздражителя, сопровождающийся биоэлектрическими, биохимическими, морфологическими изменениями и приводящий к возникновению специфической функции ткани. Раздражитель – определенный вид энергии, вызывающий переход ткани в активное состояние. Адекватный раздражитель – вид энергии, к восприятию которого рецептор приспособлен в процессе эволюции, вызывающий ответную реакцию при пороговой силе. Пороговый раздражитель – минимальное количество энергии, которое способно вызвать переход ткани в активное состояние.

Потенциал покоя – разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностью клеточной мембраны в покое, главным образом, связанная с пассивным выходом ионов калия из клетки; является одним из проявлений физиологического покоя. Потенциал действия – быстрое колебание потенциала покоя, возникающее под действием пороговой и надпороговой величины. В развитии ПД и его передаче имеют значение: ионные каналы (неспецифические, специфические натриевые, калиевые каналы), ионные насосы, пассивный, активный транспорт, деполяризация, реполяризация, следовые потенциалы, миелинизированные, немиелинизированные нервные волокна, перехваты Ранвье, сальтаторное проведение, синапсы, медиаторы.

Передача возбуждения в нервно-мышечном синапсе.

Строение нервно-мышечного синапса: нервное волокно оканчивается пресинаптическим расширением, внутри него имеется большое количество

синаптических пузырьков, содержащих ацетилхолин. Это химический передатчик возбуждения (медиатор). Он передает возбуждение через синаптическую щель на постсинаптическую мембрану.

Синаптическая щель заполнена жидкостью, по составу напоминающей плазму крови. Пре- и постсинаптическая мембраны соединяются тонкими ретикулярными волокнами. ПД, пришедший к синапсу, проходя по пресинаптической мембране, открывает электровозбудимые кальциевые каналы. Ионы кальция поступают внутрь синаптической бляшки по градиенту концентрации. Увеличение свободного кальция обеспечивает слияние нескольких свободных везикул и продвижение их к пресинаптической мембране. Затем мембрана везикул сливается с мембраной нервного окончания, и медиатор путем секреции выбрасывается в синаптическую щель.

Медиатор через синаптическую щель достигает постсинаптической мембраны, где имеются рецепторы – холинорецепторы. Результатом взаимодействия АХ с ХР является открытие хемовозбудимых ионных каналов. Ионы натрия по концентрационному градиенту поступают внутрь мышечного волокна и деполяризуют постсинаптическую мембрану.

Нарушение синаптической проводимости.

Некоторые яды могут нарушать или частично блокировать нервно-мышечную передачу. Механизм их действия может быть различен:

- блокада проведения возбуждения по нервному волокну путем применения местной анестезии
- блокада высвобождения медиатора, например, путем действия ботулинического токсина
- нарушение синтеза АХ в пресинаптическом нервном окончании
- фосфорорганические отравляющие вещества приводят к длительному взаимодействию АХ с ХР и нарушению возбудимости постсинаптической мембраны
- вещества, действуя на холинорецептор, могут блокировать его путем необратимого связывания или длительно вытеснять АХ (кураре), инактивировать рецептор.

Блокада нервно-мышечной передачи применяется в клинике. В настоящее время широко используются различные соединения для мышечной релаксации. При наркозе при прекращении дыхания (дыхание осуществляется через аппарат искусственного дыхания), применяются вещества имитирующие действие ацетилхолина. Результатом такого действия является длительная деполяризация постсинаптической мембраны, что блокирует естественный путь передачи возбуждения. При тяжелом заболевании – миастении. При этом заболевании на постсинаптической мембране уменьшается количество ХР. В результате нормальное выделение АХ при взаимодействии с малым количеством рецепторов не может привести к передаче ПД на мышцу. Это заболевание обусловлено образованием антител к ХР, которые их разрушают или значительно сокращают время их жизни.

Структура мышечного волокна. Каждое волокно скелетной мышцы – это тонкое вытянутое на значительную длину многоядерное образование. Одномышечное волокно не превышает в диаметре 0,1 мм, а длина его может быть от нескольких миллиметров до 12 см. Основной особенностью мышечного волокна является наличие в его протоплазме (саркоплазме) массы тонких нитей – миофибрилл, расположенных вдоль длинной оси волокна. Миофибриллы состоят из чередующихся светлых и темных участков – дисков. Одноименные диски расположены на одном уровне, что и придает регулярную поперечно-полосатую исчерченность. Темные диски – анизотропные – А (миозиновые нити – белок миозин), светлые – изотропные I (актиновые нити – белок актин). В середине светлых дисков имеется Z-линия. Комплекс из одного темного и двух половинок светлых дисков, ограниченных Z-линиями, называют саркомером. Саркомер – это сократительный аппарат мышечного волокна.

Мембрана мышечного волокна – плазмалемма – сходна с нервной мембраной. Ее особенность состоит лишь в том, что она дает регулярные T-образные выпячивания приблизительно на границах саркомеров. Выпячивания плазмолеммы увеличивают ее площадь, а значит и общую электрическую емкость.

В саркоплазме мышечного волокна находится типичный набор органоидов. Но особо следует указать на наличие одного из них – саркоплазматического ретикулума. СР представляет собой широко разветвленную сеть, состоящую из цистерн и трубочек, находящихся между пучками миофибрилл, параллельно плазмолемме. Каждая такая система тесно прилегает к миофибриллам и T-образным выпячиваниям плазмалеммы (T-системе). СР участвует в сокращении мышцы, являясь депо кальция. T-система и саркоплазматический ретикулум – это аппарат, обеспечивающий передачу сигналов (возбуждение) с плазмолеммы на сократительный аппарат миофибрилл.

Миозиновые и актиновые нити расположены так, что тонкие нити могут свободно входить между толстыми, т. е. «задвигаться» в А-диск, что и происходит при сокращении мышцы. В силу этого длина светлой части саркомера может быть различной: при пассивном растяжении мышцы она увеличивается до максимума, при сокращении может уменьшаться до нуля.

## 1.2. Структурные основы сокращения мышц.

Современные представления о механизмах мышечного сокращения

Сократительный аппарат скелетно-мышечного волокна приводится в активное состояние ионами Са. Искусственное введение Са в волокно тоже вызывает его сокращение. То, что при возбуждении мышечных волокон в их миоплазме резко возрастает концентрация Са, демонстрирует опыт с эквори- ном (белком светящихся медуз, реагирующим на Са свечением).

Если экворин введен в миоплазму волокна, то при каждом возбуждении (сокращении) регистрируется вспышка свечения. В покое концентрация Са в миоплазме очень мала. При возбуждении внешний Са (из околоклеточной жидкости) входит в очень небольших количествах. Запуск сокращения осуществляется за счет выброса Са из его внутриклеточного депо – саркоплазматического ретикулума. Выброс Са из саркоплазматического ретикулума в миоплазму, а за ним и длительное сокращение (контрактура) могут быть спровоцированы некоторыми фармакологическими агентами, например кофеином.

Проницаемость мембраны саркоплазматического ретикулума для Са в покое очень мала, а утечка Са компенсируется работой кальциевого насоса саркоплазматического ретикулума. Выход кальция по концентрационному градиенту осуществляется при активации мембраны ретикулума. Активация мембраны ретикулума происходит при распространении ПД внешней мышечной мембраны на поперечные трубочки. Таким образом, запуск сократительного акта производится следующей цепочкой процессов: ПДм ^ ПД Т- системы ^ Активация мембраны саркоплазматического ретикулума ^ Выход Са в миоплазму ^ Сокращение.

Механизм сокращения состоит в перемещении тонких нитей вдоль толстых к центру саркомера за счет «гребных» движений головок миозина, периодически прикрепляющихся к тонким нитям, т. е. за счет поперечных актомиозиновых мостиков. Каждый мостик то прикрепляется и тянет нить, то открепляется и «ждет» условий для нового прикрепления. В покое мостик заряжен энергией (миозин фосфорилирован), но он не может соединиться с нитью актина для скольжения, ибо между ними вклинена система из нити тропомиозина и глобулы тропонина.

При активации мышечного волокна и появлении в миоплазме ионов Са (в присутствии АТФ) тропонин изменяет кофромацию и отодвигает нить тропомиозина, открывая для миозиновой головки возможность соединения с актином. Соединение головки фосфорилированного миозина с актином приводит к резкому изменению кофромации мостика (его «сгибанию») и перемещению нити актина на один шаг (20 нм) с последующим разрывом мостика.

Энергию на этот акт дает распад макроэргической фосфатной связи, включенной в фосфорилактомиозин. После этого, в силу падения локальной концентрации Са и отсоединения его от тропонина, тропомиозин снова блокирует актин, а миозин снова фосфорилируется за счет АТФ. Последний не только заряжает системы для дальнейшей работы, но и способствует временному разобщению нитей, делает ее способной растягиваться под влиянием внешних сил. На одно рабочее движение одного мостика тратиться одна молекула АТФ.

АТФ играет в мышечной работе двоякую роль: фосфорилируя миозин, он обеспечивает энергией сокращение, но, находясь в свободном состоя-

нии, он обеспечивает и расслабление мышцы. При исчезновении АТФ из мио- плазмы развивается непрерывное сокращение – контрактура. Изолированные актомиозиновые комплексы-нити без АТФ твердеют (ригор), при добавлении АТФ – расслабляются. Исчезновение АТФ-энергии для работы кальциевого насоса, является основой механизма трупного окоченения – спастического сокращения мышц. Лишь после нарушения целостности лизосом и поступления в саркоплазму свободных ферментов, под влиянием которых разрушаются актомиозиновые белки, окоченение постепенно проходит.

Энергообеспечение двигательной деятельности. Ни одно движение не может быть выполнено без затраты энергии. Чем интенсивнее или длительней работа и чем большее количество мышечных групп вовлекается в деятельность, тем больше требуется энергии.

В качестве поставщиков энергии при движениях человека выступают сложнейшие по своему молекулярному механизму обменные процессы (метаболические реакции), протекающие в организме, и в частности в работающих и неработающих мышцах. Единственным прямым источником энергии для мышечного сокращения служит аденозинтрифосфат (АТФ), который относится к высокоэнергетическим (макроэргическим) фосфатным соединениям. При расщеплении (гидролизе) АТФ, происходящем при участии миозин- АТФ-азы, образуется фосфатная группа с выделением свободной энергии.

### 1.3. Химизм и энергетика мышечного сокращения

Для того чтобы мышечные волокна могли поддерживать сколько-нибудь длительное сокращение, необходимо постоянное восстановление (ресинтез) АТФ с такой же скоростью, с какой он расщепляется тремя основными механизмами: креатинфосфатным, гликолитическим (анаэробный источник) и окислительным (аэробный источник). В этих механизмах для ресинтеза АТФ используются различные энергетические субстраты. Они отличаются по энергетической емкости, т. е. по максимальному количеству АТФ, которое может ресинтезироваться за счет энергии этих механизмов, и по энергетической мощности, т. е. по максимальному количеству энергии, выделяющейся в единицу времени (максимальному количеству АТФ, образуемому в единицу времени).

Емкость энергетической системы лимитирует максимальный объем, а мощность – предельную интенсивность работы, выполняемой за счет энергии данного механизма. Преимущественная роль каждого из них в ресинтезе АТФ зависит от силы и продолжительности мышечных сокращений, а также от условий работы мышц, в том числе от уровня их снабжения кислородом.

Важную роль в энергообеспечении мышечной работы играет креатинфосфат (КрФ). Реакция трансфосфорилирования между КрФ и АТФ, ката-



лизируемая ферментом креатинкиназой, обеспечивает чрезвычайно быстрый, происходящий уже во время сокращения мышц ресинтез АТФ. Имеется прямая зависимость между интенсивностью нагрузки и уменьшением уровня мышечного КрФ.

После максимальной кратковременной работы «до отказа» концентрация КрФ падает почти до нуля. В то же время содержание АТФ снижается при средней нагрузке примерно до 60–70 % от значения в состоянии покоя и при дальнейшем повышении интенсивности нагрузки изменяется незначительно. Следовательно, не весь АТФ, содержащийся в мышцах, может использоваться в сократительном механизме, запасы же КрФ при физической работе могут быть почти полностью исчерпаны.

Сообщается об увеличении концентрации КрФ в скелетных мышцах после тренировок и что содержание АТФ в мышцах тренированных испытуемых было выше, чем у нетренированных. Однако величины этих различий были слишком малы, чтобы заметно влиять на анаэробные возможности. В отличие от других энергетических субстратов в мышцах не наступает выраженного сверхвосстановления уровня АТФ после работы, а значит, и стойкого увеличения его под влиянием тренировки.

Неизменным количеством АТФ тренированные мышцы обходятся потому, что в них существенно возрастает возможность расщепления и анаэробного и аэробного ресинтеза АТФ, поскольку последний не только быстрее и в большей мере расходуется, но и скорее и полнее ресинтезируется. Богатые энергией фосфатные группы АТФ в тренированных мышцах обновляются намного быстрее и поэтому той же концентрации АТФ хватает на выполнение значительно большей работы.

Креатинфосфатный механизм обеспечивает мгновенный ресинтез АТФ за счет энергии другого высокоэнергетического фосфатного соединения - КрФ. По сравнению с другими механизмами КрФ источник обладает наибольшей мощностью, которая примерно в 3 раза превышает максимальную мощность гликолитического и в 4–10 раз окислительного механизмов ресинтеза АТФ. Поэтому КрФ механизм играет решающую роль в энергообеспечении работ предельной мощности (стартовый разгон в спринтерском беге, кратковременные мышечные усилия взрывного характера). Поскольку запасы АТФ и КрФ в мышцах ограничены, емкость КрФ механизма невелика и работа с предельной мощностью, обеспечиваемая этим механизмом, может продолжаться недолго, в течение 6–10с.

Гликолитический механизм обеспечивает ресинтез АТФ и КрФ за счет анаэробного расщепления углеводов – гликогена и глюкозы – с образованием молочной кислоты (лактата). В качестве одного из условий активизации гликолиза выступает снижение концентрации АТФ и повышение концентрации продуктов ее расщепления – АДФ и неорганического фосфора. Это активирует ключевые гликолитические ферменты (фосфофруктокиназа, фосфорилаза) и тем самым усиливает гликолиз.

По мере накопления лактата в процессе гликолиза активная реакция внутренней среды (рН) смещается в кислую сторону, происходит торможение активности гликолитических ферментов, что снижает скорость гликолиза и количество энергии (АТФ), образующейся в единицу времени. Поэтому емкость гликолитического источника лимитируется главным образом не содержанием соответствующих субстратов, а концентрацией лактата. В связи с этим при выполнении мышечной работы за счет использования гликолитического механизма никогда не происходит резкого истощения гликогена в работающих мышцах и тем более в печени.

Часть лактата, образовавшегося в процессе работы, окисляется в мышцах, другая переходит в кровь и поступает в клетки печени, где используется для синтеза гликогена. В свою очередь, гликоген расщепляется до глюкозы, которая переносится в мышцу кровью и обеспечивает ресинтез мышечного гликогена, израсходованного во время мышечной деятельности.

Мощность гликолитического механизма в 1,5 раза выше, чем окислительного, а энергетическая емкость в 2,5 раза больше, чем креатинфосфатного.

Окислительный механизм обеспечивает ресинтез АТФ в условиях непрерывного поступления кислорода в митохондрии мышечных клеток и использует в качестве субстрата глюкозу. Пировиноградная кислота, образованная в ходе анаэробного окисления включается в Цикл Кребса. В результате последующих реакций происходит полное окисление органического субстрата с образованием АТФ. Таким образом, в результате аэробного окисления из 1 молекулы глюкозы образуется 36 молекул АТФ.

#### 1.4. Особенности гладкой и сердечной мышечной ткани

Гладкие мышцы находятся в стенке внутренних органов, сосудов, коже. Структурной единицей их является вытянутой формы клетка: длиной 20–400, толщиной – 2–10 мкм. На мембране гладкомышечных клеток, в отличие от скелетных, имеются не только натриевые и калиевые каналы, но и большое количество кальциевых. С физиологической точки зрения выделяют два типа гладкомышечных клеток:

- располагающиеся отдельно;
- образующие функциональный синцитий.

Отдельно лежащие гладкомышечные клетки находятся в структурах глаза, артериол, семенных протоков, вокруг волосяных луковиц. Их мембрана содержит коллагеновые и гликопротеиновые волокна, которые дополнительно отделяют клетки друг от друга. Эти клетки иннервируются вегетативными нервами подобно скелетным мышечным волокнам. Высвобождающиеся из нервных окончаний медиаторы вызывают препотенциалы, при суммации переходящие в ПД. Это приводит к сокращению мышечных клеток.

В стенке большинства внутренних органов, сосудов имеется второй тип гладкомышечных клеток. Их мембраны тесно соприкасаются друг с другом, порой образуя общие ионные каналы (нексусы). Благодаря этому отдельные клетки объединяются, образуя функциональный синцитий.

Пейсмекеры. Среди гладкомышечных клеток, образующих функциональный синцитий, имеются такие, которые обладают пейсмекерными свойствами. Их мембрана обладает высокой спонтанной проницаемостью к ионам (в первую очередь к кальцию), поэтому у них фактически отсутствует мембранный потенциал покоя. После предшествующей реполяризации самопроизвольно, без действия раздражителя, благодаря проникновению внутрь ионов кальция начинается постепенная деполяризация мембраны. При достижении критического уровня этот препотенциал переходит в ПД. Данный потенциал с помощью нексусов передается соседним клеткам. Результатом распространения такого потенциала является сокращение мышечных клеток. Частота пейсмекерной активности определяется свойствами мембраны клеток, но она существенно меняется под влиянием приходящих нервных импульсов. Причем, если медиатор, выделившийся из нерва, достигает пейсмекерной клетки, находящейся уже в стадии деполяризации, то возникновение ПД значительно облегчается (суммация) и ускоряется.

Иннервация. Указанные гладкие мышцы иннервируются вегетативными нервами, которые не образуют типичных синапсов. Имеющиеся между ними нексусы обеспечивают межклеточную передачу ПД. Поэтому плотность иннервации таких мышц относительно невелика. Медиатор выделяется ими достаточно далеко от клеток (более 50 нм), а рецепторы к медиаторам располагаются по всей мембране. Кроме того, на мембране имеются рецепторы к типичным гормонам, так и к негормональным факторам. Взаимодействие медиаторов или других соединений с соответствующими им рецепторами приводит как к сокращению, так и расслаблению мышцы.

Особенности мембранных потенциалов. МП гладкомышечных клеток составляет  $-50$ ,  $-60$  мВ, в клетках, не обладающих спонтанной активностью, около  $-70$  мВ. Критический уровень деполяризации – около  $-35$ ,  $-40$  мВ. Можно выделить три типа ПД, характерных для различных органов.

1. Напоминает ПД скелетной мышцы, отличаясь от него большой продолжительностью. Этот ПД возникает при воздействии на клетку многих раздражителей: нервного импульса, гормонов, электрического тока. После него, как правило, развивается следовая гиперполяризация.

2. В мышцах стенки ЖКТ развивается спонтанная (без действия каких-либо посторонних факторов) медленная деполяризация. В ряде случаев на пике этой деполяризации возникает один или несколько спайков ПД. Это происходит тогда, когда деполяризация достигает критического уровня и когда воздействует какой-либо из внешних раздражителей (как и для типа 1).

3. В стенке органов, которые должны сокращаться длительное время (например, мочевой пузырь, некоторые сосуды), возбуждающая деполяризация возникает по типу плато. Начальная быстрая деполяризация обусловлена открытием каналов, через которые внутрь клетки проникают ионы кальция и натрия. Период длительного поддержания деполяризации определяется длительным нахождением указанных ионов внутри клетки при одновременном снижении выхода калия.

Механизм мышечного сокращения. В гладкомышечных клетках актиновые и миозиновые филаменты расположены не упорядоченно, как в скелетной мышце, миозиновых волокон меньше, саркоплазматический ретикулум выражен слабо. Механизм сокращения примерно такой же. Инициатором взаимодействия актина и миозина является кальций. Повышение концентрации кальция вместе с кальцемодулином активирует фермент - киназу цепей миозина, который переносит фосфатную группу АТФ на миозин, что и обеспечивает взаимодействие миозина с актином, т. е. мышечное сокращение. Откачивание ионов кальция в гладкомышечной клетке происходит медленнее, поэтому сокращается и расслабляется она медленнее.

Актиновые филаменты сгруппированы в пучки, которые время от времени образуют уплотнения (узлы). Одни непосредственно прилегают к мембране, другие находятся внутри клетки. Между актиновыми филаментами вкраплены миозиновые.

Ионы кальция поступают из межклеточной жидкости и из СР. Сокращение гладкомышечных клеток отличается высокой экономичностью. АТФ расходуется в 10–100 раз меньше. Это обусловлено несколькими механизмами:

1) медленное развитие волны сокращения создает возможность длительного одиночного сокращения органа при сохранении высокой интенсивности;

2) совмещение ионного механизма, обеспечивающего распространения возбуждения и иницирующего сокращение (Ca);

3) слабое развитие саркоплазматического ретикулума, на мембране которого располагается кальциевый насос (его низкая активность);

4) откачивание кальция наружу происходит как с помощью кальциевой помпы, так и без затрат энергии, путем натрий-кальциевого сопряжения. Экономичность сокращений обеспечивает возможность длительных сокращений без развития утомления.

Реакция гладких мышц на растяжение. Большинство гладких мышц, в отличие от скелетных, ведет себя как пластические или вязкоэластичные образования. При медленном их растяжении после начального подъема напряжения, обусловленного эластическими свойствами, гладкие мышцы развивают пластическую податливость, и напряжение в них падает. Благодаря пластичности гладкая мышца может быть полностью расслабленной,

как в удлиненном состоянии, так и укороченном. Благодаря этому, например, в мочевом пузыре при постепенном наполнении до определенного объема предотвращается повышение давления и ранний позыв на мочеиспускание. Чересчур сильное или резкое растяжение гладкомышечных органов приводит к их сокращению (возбуждение пейсмекранных клеток при растяжении). Это один из механизмов миогенной ауторегуляции тонуса органов.

#### Физиологическая характеристика сердечной мышцы

По своим функциональным характеристикам миокард находится между поперечно-полосатыми и гладкими мышцами. С поперечно-полосатыми их роднит способность быстро и интенсивно сокращаться. В то же время миокарду присущи такие функциональные особенности гладких мышц, как способность к самопроизвольной активности и изменение ее под влиянием медиаторов вегетативных нервов и многих других соединений.

Миокард обладает свойствами возбудимости, проводимости, рефрактерности, автоматизма и сократимости. Эти свойства обеспечиваются присутствием в сердце указанных выше двух типов кардиомиоцитов.

**Возбудимость.** Миокард относится к типичным возбудимым тканям. Это означает, что в расслабленном состоянии на мембране кардиомиоцитов можно обнаружить наличие мембраны до критического уровня переходит в ПД. С помощью нексусов и вставочных дисков этот потенциал без затухания передается на соседние кардиомиоциты. Благодаря этому миокард является своеобразным функциональным синцитием: если возбуждение возникло в одном месте, то оно распространяется на все отделы. Эта особенность миокарда позволяет отнести сердце к структурам, которые подчиняются закону «все или ничего» - возбуждение возникает во всех кардиомиоцитах или не возникает нигде.

В сократимых кардиомиоцитах можно выделить 5 фаз развития ПД.

1. Фаза быстрой деполяризации обусловлена кратковременным повышением проницаемости мембран для ионов натрия.
2. Фаза быстрой реполяризации обусловлена быстрым выходящим калиевым током и входящим током ионов хлора.
3. Длительная деполяризация (плато) – возрастающий входящий кальциевый ток.
4. Инактивация кальциевых каналов и закрытие кальциевых каналов.
5. Увеличение проницаемости мембраны для калия – реполяризация мембраны и возврат к уровню ПП.

**Автоматизм.** Автоматией сердца называют его способность сокращаться без воздействия импульсов извне. Ритмические самостоятельные сокращения сердца связаны с наличием в нем нервных узлов (скопление особых миоцитов и нервных клеток), получивших название проводящей системы сердца. Проводящая система сердца представлена тремя узлами: синусным узлом, атриовентрикулярным, пучком Гиса.

Проводимость. Возбуждение, возникшее в синусном узле, проводится по предсердию. Передача к атриовентрикулярному узлу происходит очень медленно, что приводит к атриовентрикулярной задержке. Это объясняется геометрическим расположением волокон, меньшим количеством вставочных дисков между отдельными клетками.

Атриовентрикулярная задержка играет существенную физиологическую функцию: благодаря ей возбуждение и последующая систола предсердий отделяются от систолы желудочков. Он обеспечивает частичную блокаду проведения импульсов из предсердий с частотой более 180–200 в минуту, так как при большей частоте полость желудочков не успеет заполниться кровью и систола будет неполноценной. Благодаря этому при патологической фибрилляции предсердий желудочки могут «не поддаваться» сверхчастому возбуждению.

Высокая скорость проведения возбуждения по волокнам Пуркинье обусловлена наличием быстрых натриевых каналов. Благодаря проводящей системе передача возбуждения к отдаленным участкам миокарда значительно ускоряется и все кардиомиоциты желудочков начинают сокращаться почти одновременно. Так, при повреждении пучка Гиса мощность желудочков может снижаться на 30–50 % вследствие более медленного проведения возбуждения по миокарду.

Рефрактерность. Как и в других возбудимых тканях, в миокарде различают периоды рефрактерности и экзальтации (изменение возбудимости). Здесь они играют существенную роль в обеспечении нормальной функции сердца, создавая возможность лишь одиночных мышечных сокращений.

Различают периоды абсолютной и относительной рефрактерности. Период абсолютной рефрактерности характеризуется отсутствием ответа на действие раздражителя любой силы. В период относительной рефрактерности поступление раздражителя с силой, большей, чем обычно, может вызвать возникновение внеочередного ПД.

### 1.5. Двигательная единица

Каждое двигательное нервное волокно является отростком нервной клетки – мотонейрона, расположенного в переднем роге спинного мозга или в двигательном ядре черепного нерва. В мышце двигательное волокно ветвится и иннервирует не одно, а целую группу мышечных волокон. Мотонейрон вместе с группой иннервируемых мышечных волокон называется двигательной единицей.

Среднее количество мышечных волокон, входящих в состав двигательной единицы, в разных мышцах варьирует в широких пределах. Так, у человека в некоторых мышцах глазного яблока двигательные единицы содержат в среднем менее 10 мышечных волокон, в отдельных мышцах пальцев руки – 10–25. В отличие от этого в большинстве мышц туловища и

конечностей на одно двигательное волокно приходится в среднем сотни мышечных волокон, а в камбаловидной мышце – 2000.

По типу выполняемых функций ДЕ могут быть подразделены на быстрые и медленные. Эти ДЕ отличаются как по особенностям мотонейрона, так и мышечных волокон. Быстрые и медленные ДЕ отличаются по возбудимости, скорости проведения импульсов по аксону, частоте импульсации и устойчивости к утомлению при выполнении работы.

В медленной ДЕ размеры мотонейронов меньше, чем в быстрых ДЕ. Чем меньше мотонейрон, тем выше возбудимость. Скорость проведения возбуждения выше в быстрых ДЕ, так как диаметр нервного волокна в быстрых ДЕ больше, чем в медленных. В быстрых ДЕ частота импульсации, следовательно, будет выше, чем в медленных.

В мышечных волокнах быстрых ДЕ выше плотность актомиозиновых филаментов (быстрее образуются актомиозиновые мостики, выше скорость сокращения), более выражен саркоплазматический ретикулум (депо кальция), повышена активность ферментов гликолиза (анаэробное окисление, быстрое восстановление АТФ). Однако, при гликолизе образуются недоокисленные субстраты (молочная кислота), которые закисляют работающую мышцу и снижают ее работоспособность.

В мышечных волокнах медленных ДЕ выше активность ферментов аэробного окисления (экономически более выгодный путь). Так, если из одного моля глюкозы за счет гликолиза образуется лишь 2–3 АТФ, то аэробное окисление способствует образованию 36–38 молей АТФ. Медленные мышечные волокна имеют плотную сеть кровеносных капилляров, поэтому лучше снабжаются кислородом, внутри этих волокон содержится большое количество миоглобина (депо кислорода). Таким образом, медленные ДЕ отличаются легкой возбудимостью, меньшей силой и скоростью сокращения при малой утомляемости и высокой выносливости.

У различных людей имеются врожденные отличия процентного соотношения быстрых и медленных волокон в скелетных мышцах. Например, в наружной мышце бедра диапазон колебания медленных волокон от 13 до 96 %. Преобладание медленных волокон обеспечивает «стайерские», а малый их процент – «спринтерские» возможности спортсмена.

Скелетно-мышечный аппарат является исполнительной системой организма, а его рецепторы – проприорецепторы – играют особо важную роль среди других чувствительных образований.

Проприорецепторами называют механорецепторы, посылающие в ЦНС информацию о положении, деформации и смещениях различных частей тела. Их функционирование обеспечивает координацию всех подвижных органов и тканей человека в состоянии покоя и во время любых двигательных актов.

В составе скелетной мышцы конечностей можно выделить две группы волокон: экстрафузальные и интрафузальные. Первые образуют основную

массу мышцы и выполняют всю работу, необходимую для движения и поддержания позы, вторые – это видоизмененные мышечные волокна, которые входят в состав веретена; их функция сводится к формированию восходящей афферентной импульсации.

Интрафузальные мышечные веретена расположены параллельно экстрафузальным волокнам. Интрафузальные мышечные веретена контролируют длину мышцы.

В мышечном веретене различают центральную утолщенную часть с ядрами, расположенными в центре и полярные тонкие участки с ядрами, расположенными цепочкой. От центральной части и проксимальных отделов полярных участков отходят афферентные нервы (а-мотонейрон), к дистальным отделам полярных участков подходят эфферентные аксоны у-мотонейронов. Активация у-эфферентов приводит к повышению чувствительности веретен.

Веретена можно рассматривать как источник информации о длине мышцы и ее изменениях. Чувствительные нервные окончания типа мышечного веретена информируют двигательные центры о том, каковы амплитуда и скорость растяжения мышцы, сухожильный орган Гольджи сообщает, какое напряжение развивает в данный момент мышца (контролирует силу сокращения), а механорецепторы Руффини помогают определить положение сустава. Благодаря раздражению проприорецепторов сухожилия четырехглавой мышцы бедра при ударе молоточком ниже коленной чашечки осуществляется коленный рефлекс. Рецепторы передают возникшее возбуждение спинальным мотонейронам, и последние заставляют мышцу бедра сократиться, из-за чего голень подпрыгивает. Аналогично осуществляется двигательный защитный рефлекс при болевом раздражении. С помощью проприорецептивных сигналов с мышц-антагонистов человека регулирует удержание определенной позы.

### 1.6. Формы и типы мышечного сокращения

Укорачиваясь, сокращающаяся мышца тянет оба конца к центру. В естественных условиях оба конца мышцы прикрепляются с помощью сухожилий к костям и при сокращении притягивают их друг к другу. Если один конец мышцы (сустав) закреплен, то к нему подтягивается другой.

Когда на этом конце мышцы прикреплен груз, который мышца поднять не в состоянии, она лишь напрягается без изменения длины. Встречаются и такие состояния, когда мышца постепенно увеличивается в длину (груз тяжелее, чем подъемная сила мышцы, или необходимо медленно опустить груз).

В экспериментальных условиях можно выделить одну мышцу, одно волокно и даже одну актомиозиновую нить с иннервирующим нервом или без нерва. Если закрепить один конец в штатив неподвижно, к другому подвесить груз или регистрирующее устройство, то можно записать сокращение мышцы – миограмму.



В силу этого различают следующие типы мышечных сокращений:

- изотоническое – сокращение мышц с укорочением при сохранении постоянного напряжения;
- изометрическое – длина мышцы не изменяется (напряжение);
- эксцентрическое – когда мышца удлиняется.

Большинство естественных сокращений анизотонического типа, когда мышца укорачивается при повышении напряжения.

Кривая одиночного сокращения имеет вид, представленный на рисунке. На ней можно различить фазы сокращения и расслабления. Вторая фаза более продолжительная. Время одного сокращения даже одиночного волокна значительно больше времени существования ПД.

Амплитуда одиночного сокращения изолированного мышечного волокна не зависит от силы раздражения, а подчиняется закону «все или ничего». В отличие от этого, на целой мышце можно получить «лестницу» (лестница Боудича): чем больше силы (до определенной величины) раздражения, тем сильнее сокращение. Дальнейшее увеличение силы раздражения не влияет на амплитуду сокращения мышцы. Указанная закономерность прослеживается как при раздражении через нерв, так и при раздражении самой мышцы. Обусловлено это тем, что практически все мышцы (и нервы) смешанные, т. е. состоят из смеси двигательных единиц (ДЕ), имеющих различную возбудимость.

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
4. Физиология человека: учеб.: в 3 т.: пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. – Т. 1. – 323 с.

#### Литература дополнительная

1. Биохимия мышечной деятельности. – Киев, 2000. – 502 с.
2. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физические тренировки / Р. Мохан. – Киев, 2001. – 296 с.

## Лекция 2

# ПРОИЗВОЛЬНАЯ МЫШЕЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

### План

2.1. Физические упражнения – как произвольные движения (И.М. Сеченов, И.П. Павлов). Кольцевой принцип управления движениями (Н.А. Бернштейн).

2.2. Управление произвольными движениями.

2.3. Особенности системных механизмов управления движениями. Роль афферентного синтеза и акцептора результатов действия в формировании двигательного навыка.

2.4. Безусловные тонические рефлексы в произвольных движениях.

2.5. Позы и статическое напряжение. Феномен статического напряжения. Причины кратковременности работы и быстроты наступления развития утомления.

2.6. Изменение с возрастом сенсомоторных реакций у детей. Появление движений во внутриутробном периоде. Появление двигательных рефлексов у новорожденных.

2.7. Механизмы координации движений. Физиологическая сущность координации.

2.8. Классификация физических упражнений.

### 2.1. Физические упражнения – как произвольные движения (И.М. Сеченов, И.П. Павлов). Кольцевой принцип управления движениями (Н.А. Бернштейн)

После работ И.М. Сеченова и И.П. Павлова укрепилось представление о рефлекторной природе всех двигательных актов. В качестве механизма управления ими использовалось представление о рефлекторной дуге, которое чрезмерно упрощенно представляло переход от стимула к реакции как сенсомоторную реакцию и игнорировало механизмы работы мозга, связанные с принятием решения, выбором способа двигательного решения задачи, представлением движений и т. п. при таком понимании механизмов движений отсутствует главный механизм психики – его сознание. Челок представляется с этой точки зрения как реактивная система, когда его движения, двигательные действия определяются внешним стимулом, а не внутренним. Неслучайно поэтому в противовес этим представлениям И.П. Павлова и его сторонников возникли представления об управлении с включением механизмов предвидения, сличения, задавания, программирования (Н.А. Бернштейн, 1966; Н.И. Гращенков, А.П. Латаш и И.М. Фрейнгенберг, 1962; Т.К. Рач, 1969; Л.Б. Чхаидзе, 1970). Эти представления

сформулированы Н.А. Бернштейном как принцип активности. Главным в этих представлениях Бернштейна является утверждение, что в актах жизнедеятельности организма определяющей является внутренняя программа двигательных действий.

Рефлекторная дуга позволяла объяснять механизм управления движениями только с помощью «открытого» (незамкнутого) контура регулирования, в то время как ряд психологов указывали на наличие и «закрытого» контура регулирования с включением в него «обратной связи», т. е. сигналов о том, как осуществляется программа двигательного действия (А.Ф. Самойлов, 1946). Р. Вудворт (1899) отметил роль зрительной обратной связи в обеспечении точности движений. А.Ф. Самойлов, говоря о «замкнутом рефлексе», писал: «Подавляющее большинство рефлексов в нашем теле бежит по замкнутому пути. Я беру в руки карандаш, чтобы писать... В течение всего времени, пока я держу карандаш, в моем теле бегут импульсы один за другим от чувствительных окончаний мышц по нервам к спинному мозгу и отсюда по двигательным нервам к мышцам, от них через представительство механического раздражения опять к мышечным чувствительным окончаниям и так далее, все в том же порядке осуществляя то явление, которое я предполагаю назвать замкнутым рефлексом».

Возникла необходимость замены рефлекторной дуги рефлекторным кольцом, так как в старой схеме рефлекса все звенья рефлекторной дуги жестко фиксированы и предопределены пусковыми стимулами. В то же время в условиях множества непредвиденных (случайных) воздействий возможны отклонения в рефлекторном акте, которые приводят к нарушению конечного результата действия. Бернштейн показал, что даже такой стереотипно повторяющийся и хорошо автоматизированный двигательный акт, как ходьба по ровной местности, требует разных моторных импульсов для осуществления одинаковых моторных актов. При одной и той же двигательной задаче при многократном ее выполнении сходные параметры движений (траектория, скорость), не сходны друг с другом. Причину этих отклонений показал Н.А. Бернштейн, который полагал, что результат любого сложного движения зависит не только от собственно управляющих сигналов, но и от целого ряда дополнительных «сбивающих» факторов.

Первым фактором является наличие реактивных сил. Так, при движении рукой или ногой в других частях тела возникают реактивные силы, которые изменяют их положение и тонус мышц. Вторым фактором – наличие инерционной силы: при резких движениях руки или ноги не останавливаются в заданной точке, а по инерции продолжают двигаться дальше. Третьим фактором могут быть внешние силы, величина которых, как правило, непредсказуема (например, порывы ветра). Четвертым фактором – исходное состояние мышц, их тонус.

Именно поэтому центрам, управляющим движением, необходима постоянная информация о ходе его выполнения, т. е. обратная связь. На ее

основе осуществляется сенсорная коррекция, т. е. вносятся поправки в программу движения прямо по его ходу. Н.А. Бернштейном была предложена схема управления движениями – схема рефлексорного кольца.

## 2.2. Управление произвольными движениями

Любой произвольной деятельности человека предшествует сложный процесс ее организации, или формирования конкретной функциональной системы. Началу двигательной деятельности предшествует стадия афферентного синтеза, в процессе которой решается три вопроса: что делать? Как делать? Когда делать? Первоначально происходит восприятие, отбор и тщательная обработка информации о состоянии внешней и внутренней среды. На основе синтеза этой информации принимается решение, т. е. окончательный выбор только одной конкретной программы двигательной деятельности, наиболее соответствующей данным условиям и максимально способствующей достижению цели.

Одновременно с принятием решения формируется акцептор результатов действия. Создается модель будущего движения, а в процессе двигательной деятельности происходит постоянное ее сличение с параметрами реально выполняемых движений. Затем наступает стадия эфферентного синтеза, во время которой двигательные и вегетативные функции объединяются в единое целое. После ее окончания начинается собственно двигательная деятельность.

Во время двигательной деятельности постоянно происходит сопоставление сигналов о достигнутых результатах с созданной на стадии афферентного синтеза моделью движений. Если они не совпадают, то в программу вносятся коррективы до тех пор, пока она не обеспечит достижение цели. Например, лыжнику предстоит спуститься с горы. Цель – затратить как можно меньше времени на спуск. При помощи органов чувств он оценивает крутизну склона и его рельеф, получает информацию о наличии и характере препятствий, о скорости и направлении ветра, скольжении и т. д. Информация от рецепторов внутренних органов и проприорецепторов позволяет ему оценить функциональные возможности собственного организма. На основе этих оценок он выбирает наиболее эффективную программу действий: намечает направление и скорость движения, принимает рациональную стойку и т. п.

Для формирования программы двигательной деятельности большое значение имеют теоретические знания, прошлый опыт решения подобных двигательных задач, объективность оценки обстановки и собственных возможностей. Во время спуска на основе обратной афферентации постоянно вносятся поправки в программу.

В реализации программы двигательных действий (или движения) участвует большое количество нейронов, расположенных в различных отделах мозга. Их деятельность регулируется специальными тормозящими

нейронами (клетками Реншоу). Это происходит следующим образом. Мотонейроны и клетки Реншоу связаны между собой. От аксона мотонейрона отходят ветви к клетке Реншоу. Их окончания образуют на ее теле возбуждающие синапсы. При возбуждении мотонейрона импульсы от него по аксону направляются к мышечным волокнам и вызывают в них возбуждение. Одновременно этот же импульс по ветвям направляется и к клетке Реншоу, возбуждая ее. Аксоны же клеток Реншоу подходят к телам мотонейронов и образуют на них тормозящие синапсы. По ним импульс поступает к мотонейрону и оказывает на него тормозящее влияние. Такое тормозящее влияние на мотонейроны называется возвратным торможением. Его значение заключается в охране мотонейронов от чрезмерного возбуждения.

В целостном организма деятельностью мотонейронов управляет кора больших полушарий головного мозга. Все произвольные движения осуществляются под ее контролем. Возникающие в нейронах коры импульсы направляются к мотонейронам нижележащих отделов головного и спинного мозга. Эти импульсы идут по двум проводящим системам – пирамидной и экстрапирамидной. Через экстрапирамидную систему кора больших полушарий регулирует тонус мышц, его распределение, позу тела и некоторые врожденные двигательные рефлексy. Это создает фон для произвольной двигательной деятельности. Через пирамидную систему кора управляет произвольными движениями. В целостном организме кора больших полушарий осуществляет управление произвольными движениями при совместной деятельности обеих систем – пирамидной и экстрапирамидной.

Условно можно выделить 5 уровней мозга, участвующих в управлении движениями. В построении того или иного движения обычно участвуют 3-4 уровня. Один из них является ведущим, а остальные играют подчиненную роль.

Уровень А включает часть спинного мозга и самые нижние отделы мозжечка. Он обеспечивает мышечный тонус, многие непроизвольные движения, например дрожь (от холода или от страха), поддержание позы тела.

Уровень В включает крупные подкорковые ядра и обеспечивает вовлечение в совместную работу большого количества мышечных групп и сохранение ритма движений.

Уровень С включает часть головного мозга, расположенную на границе между подкорковыми ядрами и корой. Он управляет координацией движений.

Уровень А, В и С присущи не только человеку, но и животным. Уровень D и E – специфически человеческие. Они управляют смысловыми действиями, например движением рук хирурга, письмом, приемами в борьбе самбо и дзюдо и т. п.

## 2.3. Особенности системных механизмов управления движениями.

### Роль афферентного синтеза и акцептора результатов действия в формировании двигательного навыка

Представления П.К. Анохина о функциональной системе. Значительный шаг вперед в рассмотрении механизмов управления поведением и деятельностью сделан П.К. Анохиным, создавшим теорию функциональных систем. Известно, что важным свойством человека является целенаправленность его поведения. Цель возникает из потребности получить тот или иной результат, иными словами, из необходимости удовлетворить какую-либо потребность.

Для достижения цели и получения результата необходима активизация организма, однако взаимодействие компонентов еще не создает что-то упорядоченное – «функциональную систему». Для упорядочения необходимо включение только тех элементов и свойств, которые приведут к достижению цели. Такое взаимодействие П.К. Анохин назвал взаимодействием.

Это можно объяснить на примере работы мышц-антагонистов. При удержании определенной позы (например, прямостояния) мышцы-антагонисты ног должны сократиться одновременно, а при беге сокращения одной мышцы должно сопровождаться расслаблением антагониста. Таким образом, взаимодействие мышц-антагонистов состоит в первом случае в том, что они проявляют одновременно одинаковые свойства (способность к сокращению), в другом случае – разные (одни – сокращение, другие – расслабление).

Возможность проявить каким-либо элементом свое свойство называют степенью свободы (Н.А. Бернштейн). Чем больше элемент имеет свойств, тем больше у него степеней свободы. В приведенном примере решение задачи (бег) требовало исключения в мышце способности сократиться. Такое явление называется освобождением от избыточных степеней свободы.

Координация движений, с точки зрения Н.А. Бернштейна, есть освобождение от избыточных степеней свободы в различных суставах, т. е. превращение их в управляемые системы: например, кисть может совершать движения в трех плоскостях и шести направлениях, человеку же, например, требуется движение кисти только в одном направлении, поэтому все лишние степени свободы (направления движения) устраняются путем соответствующего напряжения и расслабления мышц.

Таким образом, формирование функциональной системы, обеспечивающей достижение результата, возможно при условии включения только тех элементов и их свойств, которые способствуют достижению результата (их взаимодействие), и исключения тех элементов и свойств, которые либо бесполезны, либо мешают достижению результата. Эти представления существенно отличаются от представления о взаимодействии как одновремен-

менном и неорганизованном использовании всех степеней свободы всеми элементами.

Функциональной системой можно назвать комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношение приобретают характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата. Все функциональные системы независимо от уровня их организации и количества составляющих компонентов имеют принципиально одинаковую функциональную архитектуру и принципы функционирования, под которыми понимаются законы упорядочения деятельности субсистемами с целью получения полезного результата.

Схема управления двигательной активностью человека состоит из пяти блоков: А – блок афферентного синтеза, Б – блок принятия решения, В – блок составления программы действия (или деятельности в целом), Г – блок исполнения и получения результата, Д – блок обратной связи, поставляющей информацию о результатах совершенного действия.

#### 2.4. Безусловные тонические рефлексy в произвольных движениях

С первых дней жизни формирование двигательной системы у человека идет под влиянием гравитации Земли. Действие этих сил должно учитываться и при совершении целенаправленных движений: часть мышц должна выполнять вспомогательную функцию, движения их направлены на поддержание позы. Для человека это актуально, так как он перешел на вертикальное передвижение с помощью двух ног. В результате значительно уменьшилась площадь опоры и существенно возросла возможность падения, так как тело устойчиво тогда, когда вертикаль, опущенная из центра тяжести тела, проходит через площадь опоры, ограниченную латеральными отделами стоп. Если вертикаль минует ее, то человек может упасть, и, чтобы этого не случилось, тело необходимо вернуть для «нормального» соотношения центра тяжести и площади опоры. Антигравитационные движения реализуются через тонические рефлексy ствола мозга.

Регуляция позы тела обычно происходит без участия нашего сознания, автоматически, т. е. без участия коры больших полушарий. Позу необходимо поддерживать как в состоянии неподвижности, так и при выполнении каких-либо движений, перемещающих отдельные сегменты тела. В процессе выполнения движений изменяется расположение центра тяжести тела из-за перемещения отдельных его частей относительно площади опоры, и поэтому возникают условия для потери равновесия.

При перемещении всего тела или отдельных его частей тоническая деятельность спинного мозга подвергается жесткому контролю со стороны центров ствола, которые, в свою очередь, находятся под регулирующим влиянием вышележащих центров. Включаются все необходимые установочные рефлексy ствола (лабиринтные, выпрямительные, статокинетиче-

ские), которые в зависимости от конкретных условий перераспределяют тонус различных мышечных групп (сгибателей и разгибателей).

Правильное распределение тонуса при движениях невозможно без участия мозжечка, базальных ядер и коры больших полушарий. Так, мозжечок, влияя на красное ядро, повышает тонус мышц сгибателей, а через посредство вестибулярного ядра – разгибателей. Бледный шар угнетает тонус мышц, а полосатое тело тормозит влияние бледного шара. Непосредственное отношение к выбору соответствующей позы при осуществлении произвольных движений имеют и малые пирамидные клетки моторной зоны коры больших полушарий. От них отходят тонические нервные импульсы, достигающие мотонейронов спинного мозга и ствола через посредство пирамидных и экстрапирамидных путей.

Между отдельными «этажами», отдельными центрами возникают сложные иерархические взаимодействия. К примеру, при выполнении сложных движений, если в этом есть необходимость, в программу включаются уже готовые блоки рефлексов нижележащих отделов ЦНС. Но под влиянием вышележащих центров эти рефлексy могут усиливаться или ослабляться. Хорошим примером этому может служить необходимость подавления выпрямительных рефлексов в процессе обучения плаванию, т. е. тех рефлексов, которые мешают обучению плаванию.

## 2.5. Позы и статическое напряжение.

### Феномен статического напряжения. Причины кратковременности работы и быстроты наступления развития утомления

Статические усилия – обязательный компонент двигательной активности человека. Благодаря им поддерживается поза тела, они имеют место в ациклических движениях.

Различают два вида статических усилий – малые и большие. Малые статические усилия обеспечиваются за счет тонического напряжения и длятся короткое время.

Для большинства статических усилий характерно относительно быстрое возникновение и развитие утомления, которое делает невозможным их продолжение. Утомление возникает уже через несколько секунд после начала работы. Причинами этого являются развитие запредельного торможения в нервных центрах и уменьшение кровоснабжения работающих мышц.

Особенностью больших статических усилий является интенсификация дыхания и кровообращения не во время самого усилия, а только после его окончания. Так, например, при виси на согнутых руках на перекладине в течение 48 с потребление кислорода непосредственно во время виси (за все время работы) составило 557 мл, а после работы за то же время – 853 мл. Впервые это явление – усиление вегетативных функций после статических нагрузок – описал скандинавский физиолог Линдгард, поэтому оно полу-



чило название «феномен Линдгарда». Он объяснил его механическими причинами. При статическом усилии мышцы, напрягаясь, сдавливают кровеносные сосуды и препятствуют току крови. По этой же причине затруднен отток крови от работающих мышц, что ведет к накоплению в них продуктов обмена веществ. Недостаток кислорода и засорение мышц продуктами обмена веществ и вызывает быстрое наступление утомления. Объяснение Линдгарда долгое время было единственным.

## 2.6. Изменение с возрастом сенсомоторных реакций у детей.

Появление движений во внутриутробном периоде.

Появление двигательных рефлексов у новорожденных

Двигательные рефлексы и действия в раннем онтогенезе. Младенческий возраст. У новорожденных детей наблюдается гипертония мышц с преобладанием тонуса сгибателей, что является продолжением тонуса сгибателей у плода. В течение 1–2-го месяцев жизни гипертония сгибателей сменяется гипертонией разгибателей. К 6 месяцам происходит нормализация мышечного тонуса, которая связана с включением кортикальных тормозящих механизмов и повышением порога рефлекса на растяжение.

Естественный онтогенез моторики складывается из 2 фаз: 1) анатомическое созревание центрально-нервных субстратов, которое запаздывает к моменту рождения и в отношении миелинизации проводящих путей заканчивается к 2–2,5 годам; 2) переходящая иногда далеко за пределы возраста полового созревания, – это фаза функционального созревания и налаживания работы координационных уровней. В этой фазе развитие моторики не всегда идет прямо прогрессивно: в некоторые моменты и по отношению к некоторым классам движений могут происходить временные остановки и даже регрессы, создающие сложные колебания пропорций и равновесия между координационными уровнями.

В первом полугодии жизни ребенка постепенно совершенствуется механизм иннервации мышц-антагонистов, а на 5–8-м месяце появляется синхронная их активность, но без признаков экономичной регуляции.

Дети рождаются с рядом готовых двигательных рефлексов, которые обеспечивают им адаптацию к новой для них среде обитания.

– Рефлекс «поиска груди»: если погладить ребенка по щеке около уголка рта, он повернет голову в сторону поглаживающей его руки. Если младенец очень голоден, в ответ на такое раздражение он будет поворачивать голову в ту и другую сторону несколько раз, открывая при этом рот и вытягивая губы.

– Сосательный рефлекс: движения губами для схватывания соска матери.

– Рефлекс шагания – если ребенка держать вертикально так, чтобы его ступни касались твердой поверхности, и, передвигать его над ней, он производит ногами движения, похожие на ходьбу.

– Хватательный рефлекс – ребенок крепко схватывает любой предмет, коснувшийся его ладони; при этом он может держаться на весу целую минуту.

– Шейно-тонический рефлекс – при повороте в сторону головы лежащего на спине ребенка он принимает позу, похожую на позу фехтовальщика.

– Рефлекс Моро – если голове ребенка придать некоторое ускорение, например, слегка подтолкнуть подушку под его головой, он быстро разводит руки в стороны и растопыривает пальцы, как будто бы, падая, хочет за что-то ухватиться.

К 4 месяцам некоторые из этих безусловных рефлексов исчезают (например, рефлекс шагания) или становятся условными. Например, у младенца сосательные движения появляются каждый раз, как ему придают позу кормления, независимо от того, кто его держит на руках – мать или отец. Раньше же эти движения появлялись лишь при прикосновении груди к губам младенца. В то же время если ребенка держать вертикально, он не начнет сосать и тогда, когда его подносят к материнской груди.

В первые 3 месяца ребенок выполняет произвольные движения. К 6 месяцам тонус и координация активности мышц-антагонистов становятся благоприятными для осуществления произвольных движений.

В 4 месяца ребенок может переворачиваться с живота на спину и обратно. Приблизительно в этом возрасте в поведении младенца начинает появляться определенная осмысленность – появляются произвольные движения. Дети могут дотягиваться до предметов, хватать их, махать ими, стучать и бросать, обхватывать одну руку другой, схватывать рукой ногу, разглядывать ее или обследовать ртом. Это дает информацию ребенку для построения схемы тела.

Автоматическое зрительное прослеживание предмета проявляется начиная со 2-го месяца жизни (управляемое затылочным глазодвигательным центром). В 4–6 месяцев развивается произвольное управление движениями глаз, что связано с функционированием лобного глазодвигательного центра. В возрасте 5–6 месяцев происходит формирование единой зрительнодвигательной системы, обеспечивающей возможность управления произвольными движениями в пространстве.

В 7–10 месяцев ребенок может открывать и закрывать крышку коробки, вкладывать шарик в полый кубик и т. д. Игры с предметами имеют пока только манипуляторный характер (зрительно-манипуляторная координация достигает высокого развития). На 8-м месяце ребенок способен ползать на животе, а на 9–10-м – на четвереньках. В этом возрасте, придерживаясь за что-то, он может вставать на ноги и даже ходить. Однако самостоятельно ребенок ходить еще не может, так как этому не способствует его форма тела. Цефалокаудальный принцип развития приводит к тому, что у детей такого возраста очень большая голова по отношению к телу, из-за чего им трудно удерживать равновесие стоя. Для этого требуется раз-

вить мышцы ног, чем ребенок и занимается, многократно приседая, если держится за что-нибудь

10–12 месяцев наступает новый качественный скачок. Сформированы физиологический базис для ходьбы - автоматический шагательный рефлекс, а также умение сохранять равновесие тела, вследствие чего ребенок начинает самостоятельно и без поддержки ходить (зафиксированы случаи, когда отдельные дети в 8–9 месяцев даже свободно бегали, хотя для того чтобы бегать, ребенок должен научиться отталкиваться от земли и удерживать равновесие при приземлении). Игры с предметами приобретают функциональный характер: укачивание куклы, катание машинки и т. д.

Мозг у младенца вызревает этаж за этажом в том же самом порядке, в каком они вызревали в животном мире. Младенец рождается на свет только-только кончающим свое развитие этажом-уровнем паллидума В – потолочным уровнем земноводных. Поэтому ребенок не в состоянии совершать никаких движений, которые выходили бы за пределы скудного списка данного уровня. Дело осложняется еще тем, что более древний и более низко расположенный уровень А (управляет положениями шеи и туловища) не успевает созреть к моменту рождения. Из-за этого новорожденный не может владеть основной опорой всего тела – туловищем и шеей, держащей голову, и не в состоянии воспользоваться конечностями. Его туловище беспомощно лежит на спине, тяжелое и неподвижное, и все 4 лапки могут совершать только беспорядочные брыкательные движения по всем направлениям вхолостую.

В течение первых двух-трех месяцев после рождения какая бы то ни было двигательная координация отсутствует. Только к концу первого квартала жизни начинают организовываться правильные совместные движения глаз, повороты со спинки на живот и т. п. Около конца первого полугодия более или менее одновременно вступают в строй: самый нижний уровень А, дающее младенцу слаженное и укрепленное туловище, и уровень стриатума, который дает ему возможность сидеть, вставать на ножки, стоять, потом ползать на четвереньках, ходить и бегать. Пирамидная система коры запаздывает еще больше. Она начинает себя проявлять себя на протяжении второго полугодия. Это сказывается в том, что ребенок научается схватывать то, что видит перед собою, класть и перекладывать вещи и т. д. К этому времени относятся и первые односложные осмысленные звуки речи.

Корковая система уровня действий формируется примерно на протяжении второго года жизни. Эта система приносит ребенку: есть ложкой, открывать коробочку, мазать карандашом и т. п.; новую стадию речи - называние предметов.

Хотя анатомическое дозревание мозга уже заканчивается к двухлетнему возрасту, однако до завершения двигательного развития еще далеко. О сколько-нибудь полном овладении движениями можно будет говорить не ранее 14–15-летнего возраста.

Физиологические закономерности обучения движениям. Особенности обучения движениям детей и подростков.

В условиях естественной природы развитие новорожденного животного неотделимо от формирования и постоянной «тренировки» его двигательной системы. Эта система, ее «тренировка», во многом обеспечивает и возрастное развитие других органов и систем организма. Так что функциональные резервы даже взрослого организма во многом обусловлены не только его генофондом, но и тем какой была его мышечная активность в период роста. У маленьких детей это проявляется в естественной игровой активности. Позже, при соответствующем воспитании или с началом обучения в школе, велика вероятность развития явлений гиподинамии и гипокинезии. Этим во многом объясняется крайняя необходимость проведения целенаправленной физкультуры в этом возрасте.

Однако в подростковом возрасте развитие двигательной системы организма нередко может опережать возможности систем обеспечения мышечной деятельности (особенно это относится к сердечно-сосудистой системе). И поэтому если привести к перенапряжению указанных выше «систем обеспечения», произойдет нарушение их функций. Особенно часто эти изменения имеют место в самом «узком звене» – сердце.

В прежние годы предполагалось, что этапы в двигательном развитии детей отражают процесс созревания двигательной системы. Например, способность к ходьбе возникает тогда, когда формируются необходимые для этого мышцы и нервы. Эта точка зрения имеет право на существование.

Однако обучение и тренировка также играют роль в этом процессе. В некоторых странах Африки маленькие дети ежедневно обучаются ходьбе под руководством родителей или старших братьев и сестер. Эти дети начинают ходить на несколько месяцев раньше, чем американские. В одном исследовании родители учили 6-недельных младенцев совершать шаги, а другие учили своих младенцев сидеть. После семи недель тренировки эти две группы детей показали превосходство на контрольной группой детей в том, чему их учили, но не превзошли их в сидении (первая группа), или в ходьбе (вторая группа).

В настоящее время все двигательное развитие ребенка рассматривается согласно теории динамических стереотипов: двигательное развитие вовлекает множество отдельных навыков, которые организуются и через какое-то время реорганизуются, чтобы отвечать требованиям определенных задач.

Так, ходьба требует участия умения поддерживать равновесие, умение согласовывать движения ног и рук, умения воспринимать и оценивать окружающую среду (пространственная ориентировка).

Период раннего детства

В этом возрасте продолжает совершенствоваться зрительно-моторная координация. Дети до 3 лет осуществляют управление произвольными движениями, как правило, на основе обратной зрительной афферентации.

Предварительная зрительная афферентация практически или еще не используется

В 18 месяцев дети могут выстроить башню из двух-четырех кубиков, самостоятельно есть, начинают пытаться бегать, частично самостоятельно раздеваются. В своих действиях начинают подражать взрослым - «читают» книгу, «укладывают спать» куклу. К двум годам большинство детей умеют забираться по ступенькам, ходить спиной вперед и ударять ногой по мячу.

В возрасте 2-3 лет моторика детей развита уже достаточно высоко. Они выучиваются бегать, подпрыгивать на двух ногах, бросать мяч двумя руками, взбираться по лестнице, переливать воду из одной емкости в другую, рисовать каракули, самостоятельно раздеваться.

В 3 года при ходьбе и беге ставят ноги уже гораздо ближе друг к другу, передвигаются более плавно, что свидетельствует о повышении у них способности к равновесию тела.

#### Дошкольный возраст

Четырех летние дети могут менять ритм бега, прыгать. Они могут рисовать карандашом простые формы и фигуры, рисуют красками, выстраивают конструкции из кубиков. Могут самостоятельно одеваться и раздеваться, если одежда достаточно проста, обслуживать себя за столом. Они научаются ловить мяч, что свидетельствует о развитии у них зрительно-моторной координации (ручной ловкости и способности к экстраполяции).

В 5 лет функция равновесия значительно улучшается, и дети могут ходить по гимнастическому бревну, стоять на одной ноге. Развивается правильная координация движений рук и ног при ходьбе.

В возрасте 6-7 лет наблюдается максимальный прирост скорости бега, что обусловлено не только совершенствованием управления движениями, но и ростом нижних конечностей и повышением гибкости суставов. В 6 лет формируется устойчивое умение совершать прыжки, отталкиваясь двумя ногами.

Улучшается и тонкая моторика, поэтому дети могут застегивать и расстегивать одежду, некоторые выучиваются завязывать шнурки.

В 6 лет моторика у детей развита уже настолько, что они начинают осваивать профессиональные виды деятельности – заниматься спортом, играть на музыкальных инструментах, танцевать, кататься на коньках и т. д. Большинство детей к 7 годам владеют прыжками в длину и в высоту.

Качественное улучшение регуляции движений в онтогенезе связано с изменением характера и объема обратных связей, участвующих в управлении движением. В соответствии с этим Л.А. Леонова и О.Н. Васильева (1983) разделили возрастной диапазон от рождения ребенка до 11 лет на следующие периоды:

1–4 месяца – характеризуется неспособностью младенца к организации произвольных движений из-за несформированности зрительно-двигательной функциональной системы.

5 месяцев – 1 год – период формирования зрительно-двигательной функциональной системы и становления вертикальной позы, характеризуется слабой координацией произвольных движений.

1–2 года – характеризуется малой точностью произвольных движений из-за отсутствия баланса мышц-антагонистов; в регуляции сложнокоординированных актов типа ходьбы и бега – это период «иннервационного примитива».

3–4 года – программирование произвольных движений и текущей их контроль осуществляются зрительно-двигательной функциональной системой на базе зрительной обратной связи.

5–6 лет – происходит переход к текущему контролю за точностью движений с использованием проприорецептивной обратной связи; ведущим становится механизм кольцевого регулирования.

7–9 лет – хорошо развита способность к формированию пространственной программы движения; механизм кольцевого регулирования достигает значительного совершенства; в 9 лет начинается переход к использованию механизма центральных команд в регуляции произвольных движений.

10–11 лет – механизм центральных команд уже широко используется для организации произвольных движений, однако по уровню своего совершенства он еще уступает таковому у взрослых. Значительно повышается быстрота произвольных реакций за счет развития способности к предварительному программированию как пространственных, так и временных параметров движения.

Таким образом, к концу периода второго детства система произвольного управления движениями в основном сформирована – с 10-11 лет используются все механизмы, присущие взрослому человеку. Дальнейшее совершенствование, продолжающееся до 17 лет, связано с усложнением функциональных связей между структурами мозга и налаживанием взаимодействия координационных уровней.

Принцип сенсорной коррекции в управлении движениями.

Для удовлетворения своих потребностей в условиях постоянного изменения внешней среды организму необходимо ставить перед собой определенные задачи в своей поведенческой деятельности добиваться намеченного результата. По предложению П.К. Анохина считается, что решающим фактором поведения является достижение полезного результата. Для этого в ЦНС формируется группа нервных центров, так называемая функциональная система. В начале движения формируется замысел движения, который затем переводится в программу. В формировании замысла большое значение принадлежит обстановочной афферентации, мотивации, памяти, т. е. многим отделам ЦНС, таким, как ассоциативные, сенсорные, лимбические и др.

Кроме того, часть движений выполняется автоматически по сложным врожденным или приобретенным программам. Таких программ стано-

вится больше в нервных центрах, находящихся в надсегментарных отделах ЦНС.

В реализацию программы будущего движения включаются все «этажи» моторных центров ЦНС, начиная от двигательной области коры больших полушарий и до мотонейронов спинного мозга. Чем сложнее движение, тем большее количество моторных центров его организуют. Таким образом, система регуляции движений, как правило, является многоуровневой. Между различными отделами нервной системы существуют циклические взаимодействия, в образовании которых принимают участие не только двусторонние межцентральные связи, но и обратная афферентация от различных рецепторов.

Большое значение для воплощения программы в конкретный результат имеет обратная афферентация, идущая по различным каналам. Прежде всего, это происходит через афференты мышц, суставов, т. е. сенсорные механизмы самого двигательного аппарата. Но немаловажное значение имеет и афферентация от таких, казалось бы, далеких от моторной системы рецепторов, как зрение, слух. Особенно большое значение сиюминутная обратная связь имеет при регуляции медленных движений, когда есть время для исправления самой программы в ходе ее осуществления. Но если при выполнении быстрых движений обратная связь не успевает скорректировать программу в период самого движения, то обратная афферентация, помогая оценить результат, способствует обучению движениями, и при повторных выполнениях (тренировке) движения становятся более точными. Это означает, что сама программа стала более точной.

## 2.7. Механизмы координации движений.

### Физиологическая сущность координации

Движение – основная форма активности животных и человека, их взаимодействия с внешней средой. В основе двигательной деятельности лежат процессы координации движений (управления движениями). Они осуществляются в результате сложного взаимодействия различных отделов ЦНС на основе как врожденных, так и выработанных связей, с участием многих рецепторных систем. Сущностью координации движений является такая пространственная и временная организация процессов возбуждения в мышечном аппарате, которая обеспечивает выполнение двигательной задачи.

Нервные механизмы двигательной деятельности, участие в ней тех или иных отделов ЦНС изучаются в основном в опытах на животных. Однако объектом исследования естественных движений является преимущественно человек.

Управления движениями у животных и человека осуществляется нервной системой. По мере филогенетического развития степень и форма участия разных отделов мозга в управлении двигательными функциями существенно менялись. Различны и сами формы двигательной деятельности ор-

ганизмов, ведущих разный образ жизни. У человека двигательные функции достигли наивысшей сложности в связи с переходом к прямостоянию (что осложнило задачу поддержания позы), специализацией передних конечностей на совершение трудовых и других особо тонких движений, использованием двигательного аппарата для коммуникации (речь). В управление движениями человека, включены высшие формы деятельности мозга, связанные с сознанием, что дало основание называть их произвольными. Однако несмотря на сложность и дифференцированность двигательной функции, в ее организации может быть выделен общий фактор, от которого в большой степени зависит иннервационная структура движений. Этим свойством является наличие в скелете большого количества степеней свободы вследствие его многозвенности и двух-, трехосности многих суставов. Большое количество степеней свободы обеспечивает чрезвычайное многообразие двигательных возможностей, но при этом делает управление движениями весьма сложной задачей.

В каждом движении используется лишь некоторые из степеней свободы, но ЦНС должна постоянно контролировать (ограничивать) все остальные, чтобы обеспечить устойчивость позы. На конечный результат движения влияют не только силы, развиваемые мышцами, но и силы инерции масс участков тела, вовлекаемых в движение, эластическое сопротивление мышц-антагонистов и связок. Движение смещает различные звенья двигательного аппарата и положения тела, а, следовательно, по ходу движения изменяются моменты упомянутых сил. Вследствие изменения суставных углов меняются и моменты мышечных сил. На ход движения влияет также сила тяжести звеньев тела, моменты которой также меняются в процессе движения. В практической деятельности человек вступает во взаимодействие с предметами внешнего мира – различными инструментами, перемещаемыми грузами и т. д., и ему приходится преодолевать силы тяжести, трения инерции, упругости, возникающие в процессе этого взаимодействия. Немышечные силы вмешиваются в процесс движения и делают необходимым непрерывное согласование с ними деятельности мышечного аппарата. Необходимо учитывать также изменение моментов мышечных сил по ходу движения, а также нейтрализовать действие непредвиденных помех движению, которые могут возникать во внешней среде.

Все описанное выше делает принципиально необходимым участие в управлении движениями коррекций по ходу движения на основании показаний рецепторов.

Таким образом, в управлении движениями можно выделить два основных механизма. С одной стороны, при осуществлении любого движения в ЦНС на основе врожденных связей и связей, выработанных в процессе предыдущего двигательного опыта, формируется некоторая пространственно-временная структура возбуждения мышц, соответствующая данной двигательной задаче и исходному положению двигательного аппарата.



С другой стороны, важнейшим компонентом управления движениями является внесение по его ходу коррекций в первоначальную структуру мышечного возбуждения. Для характеристики этих двух механизмов используют терминологию кибернетики, называя первый из них программой, второй – коррекциями на основе обратных связей.

Участие рецепции в регуляции движений было известно давно. Еще И.М. Сеченов в 1891 г. писал о «согласовании движений с чувствованием». Существенные сведения о роли проприорецепции были получены Фёрстером (1902) и Шеррингтоном (1906).

В сенсорном обеспечении движений участвуют, кроме органов зрения и рецепторов мышц, также кожные и суставные рецепторы, вестибулярный аппарат.

Относительная роль программ и обратных связей в разных движениях может быть неодинаковой. Так, быстрые движения осуществляются преимущественно на основе программы, медленные, особенно точные – с использованием обратных связей. При обучении новым движениям по мере выработки навыка роль программы возрастает. При осуществлении даже привычных движений в необычной ситуации, например в невесомости, увеличивается роль обратных связей.

Форма участия мышц в осуществлении двигательных актов весьма многообразна. Анатомическая классификация мышц (например, сгибатели и разгибатели, синергисты и антагонисты) не всегда соответствует их функциональной роли в движениях. Так, некоторые двухсуставные мышцы в одном суставе осуществляют сгибание, в другом – разгибание. Антагонист может возбуждаться одновременно с агонистом для обеспечения точности движения и его участие помогает выполнить двигательную задачу. В связи с этим, учитывая функциональный аспект мышечной координации, в каждом конкретном двигательном акте целесообразно выделить основную мышцу (основной двигатель), вспомогательные мышцы (синергисты и другие мышцы, помогающие выполнить двигательную задачу) и стабилизаторы (мышцы, фиксирующие суставы, не участвующие в движении).

## 2.8. Классификация физических упражнений

Физические упражнения – это комплекс мышечных движений, направленных на повышение функциональных возможностей органов и систем организма. В связи с тем, что человек может контролировать тип физического упражнения, создается возможность вмешиваться в функцию и даже структуру своего организма.

В зависимости от интенсивности выполняемые нагрузки можно подразделить:

- на чрезмерно большие – тренирующие;
- поддерживающие (недостаточные для изменений, но исключающие обратное развитие тренированности);

– восстанавливающие (недостаточные для поддержания достигнутого уровня, но ускоряющие процессы восстановления после выполнения тренирующей нагрузки);

– малые (не оказывающие заметного физиологического эффекта).

Одна и та же интенсивность упражнения может вызвать различный физиологический эффект в зависимости от функционального состояния организма. Функциональное состояние организма может изменяться даже в течение одних суток, что может быть обусловлено суточными биоритмами активности обменных процессов, или быть следом предшествующей нагрузки, эмоционального состояния.

При физиологической систематизации мышечной работы в качестве классификационных признаков выделяют объем активной мышечной массы, тип мышечных сокращений, силу и мощность сокращений мышц, энерготраты.

В зависимости от объема работающих мышц выделяют локальные нагрузки, при которых активируется менее  $1/3$  всей мышечной массы тела, регионарные, когда сокращается от  $1/3$  до  $2/3$  всей мышечной массы, и глобальные, в осуществлении которых задействовано более  $2/3$  всей мышечной массы тела. При занятиях физической культурой и спортом большее число нагрузок относится к глобальным.

В соответствии с типом сокращения основных мышц, осуществляющих выполнение заданной работы, выделяют статические (сохранение фиксированной позы, некоторые упражнения у гимнастов, стойка стрелка и др.) и динамические напряжения (ходьба, бег, езда на велосипеде, плавание и др.).

С учетом зависимости «нагрузка - скорость укорочения мышцы» (рисунок) при динамической работе проявляемая сила обратно пропорциональна скорости укорочения мышцы. Это означает, что чем больше внешняя нагрузка на мышцу, тем меньше скорость движения участка (звена) тела или укорочения мышцы. По проявлению силы мощности сокращений мышц физические упражнения подразделяются: 1) на силовые; 2) скоростно-силовые; 3) упражнения на выносливость.

При мышечной деятельности силового характера основные мышцы, участвующие в работе, развивают максимальное или почти максимальное напряжение в статическом или динамическом режиме, при малой скорости движений в условиях большого внешнего сопротивления.

К скоростно-силовым относят такие виды работы, при которой ведущие мышечные группы проявляют относительно большую силу (30–50 % от максимальной), скорость сокращений (30–60 % от максимальной скорости укорочения).

При работе на выносливость активные мышцы развивают не очень большие по силе и скорости сокращения, но способны выполнить их на протяжении от нескольких десятков минут до многих часов. По показателям энерготрат работу обычно подразделяют на легкую, умеренную, тяжелую и очень тяжелую.

Мощность – физическая величина, зависящая от величины работы, выполняемой за определенный промежуток времени.

По мощности, развиваемой человеком во время выполнения различных видов спортивных упражнений, выделяют работу максимальной мощности (предельное время такой работы 20–30 с), субмаксимальной мощности (от 20–30 с до 3–5 мин), большой мощности (от 3–5 до 30–40 мин) и относительно умеренной мощности (больше 30–40 мин). Эти зоны мощности являются общими для всех циклических движений.

В зависимости от характера изменений структуры движений во времени все их виды делят на циклические и ациклические. Циклические и ациклические действия относятся к стереотипным. К циклическим упражнениям относят все виды локомоций – ходьба, бег, бег на коньках, ходьба на лыжах, велогонки, гребля, плавание. Для циклической работы характерно многократное повторение стереотипных движений при относительно постоянной силе и скорости сокращения. При ациклических упражнениях (метание, прыжки, единоборства, гимнастические упражнения, поднятие тяжести, спортивные игры и др.) постоянно меняется не только характер двигательной активности, но и мощность выполняемой работы.

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994. – Т. 2. – 413 с.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
5. Физиология человека: учеб.: в 3 т.: пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. – Т. 1. – 323 с.

#### Литература дополнительная

1. Психомоторная организация человека: учеб. / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
2. Физиология человека: учеб. / под ред. Г.И. Косицкого. – М.: Медицина, 1985. – 560 с.
3. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.
4. Чусов, Ю.Н. Физиология человека: учеб. / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.

### Лекция 3

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### План

3.1. Фазы физиологических состояний организма при спортивной деятельности.

3.2. Состояние организма в предстартовую фазу и фазу разминки.

3.3. Состояние организма в фазу вработывания.

3.4. Состояние организма в фазу устойчивого состояния.

3.5. Утомление и восстановление организма.

### 3.1. Фазы физиологических состояний организма при спортивной деятельности

При выполнении физических упражнений в организме происходят процессы, которые можно сгруппировать в следующие стадии: предстартовое состояние, вработывание, стационарное состояние, утомление, восстановление. Энергетические потребности расслабленной мышцы незначительны, и сравнительно небольшое количество АТФ в них расходуется на обеспечение процессов обновления структурных компонентов и поддержание ионных градиентов (работу ионных насосов). При сокращении мышцы расход АТФ резко увеличивается. Поэтому работоспособность мышцы определяется активностью систем ее ресинтеза. Вначале используется креатинфосфатазный (КФ) путь ресинтеза (образуется АТФ 3,6 моль/мин), который развивается сразу после распада АТФ, но КФ в мышце хватит лишь на 1–2 с работы. Гликолитический путь менее энергоемкий (1,2 моль/мин), к тому же он приводит к образованию недоокисленных продуктов, что препятствует работе мышц, однако за счет него можно выполнять работу в течение 1–2 мин. Наиболее экономичным путем ресинтеза АТФ является аэробное окисление. Но этот путь является наиболее последовательным: активность ферментов в самой мышце вработывается спустя 2–4 мин после начала мышечного сокращения. Для его обеспечения нужен кислород, адекватная доставка которого к мышцам зависит от систем дыхания и кровообращения. А они также вработываются постепенно. В единицу времени образуется 0,8 моль АТФ/мин при окислении углеводов и 0,4 моль/мин при окислении жиров. Следствием этого является менее интенсивная работа, но зато она может продолжаться много часов.

### 3.2. Состояние организма в предстартовую фазу и фазу разминки

Предстартовое состояние. Как правило, еще перед началом выполнения физических упражнений в организме происходят заметные изменения функций ряда органов и систем. Они направлены на подготовку организма

и способствуют ускорению процесса вработывания. У спортсмена заранее повышается частота сердечных сокращений, изменяется дыхание, т. е. активизируется система транспорта газов. Можно обнаружить и сдвиги в показателях крови: возрастает уровень сахара и лактата. Эти изменения – следствие возбуждения симпато-адреналовой системы, регулирующей эмоциональное состояние. Выраженность предстартового состояния обусловлена условно-рефлекторными механизмами, связанными с проявлением рефлекса на время, место и т. п. Предстартовое состояние наиболее выражено перед спортивными соревнованиями, тогда оно может проявляться за несколько часов и даже дней до старта.

В зависимости от характера изменений физиологических функций и эмоционального статуса выделяют три вида предстартовых состояний: первый – характеризуется умеренным эмоциональным возбуждением и обеспечивает высокий спортивный результат; для второго – характерно повышенное возбуждение центральной нервной системы, под влиянием которого работоспособность может как увеличиваться, так и уменьшаться; третий вид состояний отличается преобладанием тормозных процессов, приводящих, как правило, к снижению спортивного результата.

Изменение состояния организма при разминке. Разминка – комплекс упражнений, выполняемых перед тренировкой или соревнованием и способствующий ускорению процесса вработывания, повышению работоспособности.

Физиологические эффекты разминки разнообразны. Разминка повышает возбудимость и активность сенсорных, моторных и вегетативных центров, усиливает деятельность эндокринных желез, создавая тем самым условия для более эффективной регуляции вегетативных и моторных функций при последующей работе. Повышается температура тела, особенно работающих мышц, благодаря чему увеличивается активность ферментов и, следовательно, скорость биохимических реакций в мышечных волокнах, возбудимость и лабильность мышц, повышается скорость их сокращения.

Разминка усиливает работу систем, обеспечивающих транспорт кислорода к работающим мышцам. Возрастает легочная вентиляция, скорость диффузии кислорода из альвеол в кровь, МОК, расширяются артериальные сосуды скелетных мышц, увеличивается венозный возврат, повышается (благодаря увеличению температуры тела) интенсивность диссоциации оксигемоглобина в тканях. Разминка спортсмена бывает общей и специальной. Общая состоит из упражнений, способных повысить возбудимость нервной системы, температуру тела, активизировать систему транспорта кислорода. Специальная часть разминки по своей структуре должна быть как можно ближе к характеру предстоящей деятельности.

### 3.3. Состояние организма в фазу вработки

Вработка – это процесс постепенного выхода на необходимый уровень функций мышечной системы и вегетативных органов, участвующих в обеспечении мышечной деятельности.

Сами скелетные мышцы, иннервируемые соматической нервной системой, выходят на должный функциональный уровень достаточно быстро (уже через 4–5 с). Это время необходимо для возбуждения моторных отделов ЦНС, вовлечения необходимого количества мышц. Значительно большей инертностью обладают внутренние органы – дыхание и кровообращение. Внешнее дыхание за счет участия в нем скелетных мышц вработывается быстрее. Уже с первыми сокращениями скелетных мышц дыхательные движения учащаются, а через 20–30 с и углубляются. Однако точное соответствие МОД устанавливается спустя несколько минут.

Сердечно-сосудистая система выходит на стационарный уровень спустя 3–5 мин после начала их сокращения. Постепенно за счет увеличения ЧСС растет МОК. К 3–5 минуте устанавливается и необходимое состояние сосудов работающих мышц: они расширяются, что обеспечивает поступление сюда большого объема крови за счет перераспределения кровотока.

Время вработки органов и систем после начала выполнения физического упражнения определяется мощностью работы, состоянием организма. Чем интенсивнее мышечная работа, тем меньше время вработки систем транспорта кислорода. Так, при интенсивной нагрузке устойчивость функций вегетативных органов устанавливается уже к концу 1-й минуты, а при выполнении вдвое менее активной работы вработка завершается лишь после 3–5-й минуты.

В связи с тем, что транспорт кислорода усиливается постепенно, в начале любой работы сокращение мышц осуществляется, в основном, в анаэробных условиях. Разница между потребностью в кислороде во время периода вработки и его реальным поступлением называется кислородным дефицитом. При не тяжелых нагрузках дефицит кислорода покрывается еще во время самой работы. При выполнении субмаксимальных и максимальных физических упражнений возникающий дефицит кислорода ликвидируется после завершения работы, составляя часть общего кислородного долга.

Скорость изменения физиологических функций во время вработки зависит от интенсивности (мощности) выполняемой работы. Чем больше мощность, тем быстрее происходит усиление деятельности сердечнососудистой и дыхательной систем. При одинаковых по характеру и мощности упражнениях вработка происходит тем быстрее, чем выше уровень тренированности человека.

### 3.4. Состояние организма в фазу устойчивого состояния

Устойчивое состояние. Период вработывания завершается переходом систем организма на устойчивый уровень, при котором обеспечивается заданная интенсивность мышечной работы. Это состояние характеризуется поддержанием на стационарном состоянии обеспечения мышц энергией.

Время работы в устойчивом состоянии зависит от мощности нагрузки и состояния организма. Чем интенсивнее работа, тем меньше времени поддерживается устойчивое состояние функционирования всех органов и систем, обеспечивающих эту работу. Это зависит от резервов путей ресинтеза АТФ в мышцах. При интенсивной работе велика роль гликолиза, при котором образуются недоокисленные продукты обмена, ограничивающие работоспособность. При менее интенсивной работе используется аэробный путь ресинтеза АТФ, который в состоянии обеспечить сокращение мышц в течение длительного времени. При этом поддержание устойчивого состояния определяется не возможностями скелетных мышц, а работоспособностью систем транспорта кислорода – сердечно-сосудистой, дыхательной и кровью.

За счет перераспределения крови, интенсивно сокращающиеся мышцы могут получать в 20 раз больше крови, а интенсивность поглощения кислорода ими может возрасть в 50–60 раз. Более интенсивное поглощение кислорода работающими мышцами, обусловлено следующими механизмами:

- понижение давления кислорода в мышце приводит к росту градиента парциального давления кислорода между ними и притекающей кровью;
- повышение температуры;
- увеличение кислотности;
- увеличение концентрации в эритроцитах 2,3 ДФГ.

Все указанные механизмы ускоряют диссоциацию оксигемоглобина. Кроме того, в крови резко возрастает уровень напряжения углекислого газа и содержание недоокисленных продуктов обмена, что наряду с активностью симпатической нервной системы поддерживает на высоком уровне интенсивность дыхания и сокращений сердца. Продолжительность устойчивого состояния определяет предел работоспособности организма спортсмена.

### 3.5. Утомление и восстановление организма

Утомление. Устойчивое рабочее состояние рано или поздно приводит к развитию утомления. Утомлением называется такое состояние, при котором вследствие длительной или напряженной работы ухудшается функция двигательной системы и вегетативных органов, их координация и снижается работоспособность. Физиологическое назначение утомления – оповещение организма о необходимости закончить работу, так как ее интенсивность и длительность могут привести к чрезмерному истощению организ-

ма. Для послерабочего восстановления в организме необходим минимальный уровень энергоемких веществ не менее 30 %. И если с помощью допинга отодвинуть наступление утомления, то последующее восстановление будет крайне затруднено, а иногда даже невозможно, и человек может погибнуть.

Основным признаком является снижение работоспособности. Ведущая роль в отказе от мышечной работы принадлежит системам регуляции, и в первую очередь, нервной системе.

При чрезвычайно интенсивной работе быстро истощаются фосфагены (АТФ и КФ) в мышцах. Это мышечный компонент развития утомления. Нейрогенный механизм: высокая частота афферентной и эфферентной импульсации в моторных центрах снижает их возбудимость. Падает проводимость в синапсах, так как из-за высокой частоты импульсации не успевает ресинтезироваться медиатор. При субмаксимальной нагрузке происходит закисление саркоплазмы за счет продуктов гликолиза, снижается активность ферментов гликолиза, падает способность к ресинтезу АТФ, падает активность миозина, возможность выброса кальция СПР.

При менее интенсивной, но продолжительной работе на первый план выходят процессы, развивающиеся в ЦНС. Они являются следствием изменения в системе кровоснабжения и метаболического обмена во всем организме. Так, после преодоления марафонской дистанции у спортсменов резко снижаются запасы гликогена в мышцах и печени, что приводит к снижению уровня глюкозы в крови. А это один из основных источников окисления для нервных клеток. В результате снижается возбудимость нервных центров при одновременном росте в них содержания тормозных медиаторов (ГАМК). Указанные изменения в нервных центрах приводят к нарушению адекватной регуляции функций скелетных мышц и вегетативных органов. Формирующиеся в ЦНС процессы приводят к появлению чувства усталости. Усталость является субъективным показателем накапливающегося в организме утомления.

Восстановление. Уже при выполнении работы в организме непрерывно происходят процессы, направленные на восстановление энергетических ресурсов и обновление структур. Но наиболее активно восстановление протекает после прекращения работы. Причем при правильном сочетании тренировки и отдыха все ресурсы не только восстанавливаются до прежнего уровня, но и могут превышать его. После максимальной нагрузки восстановление развивается быстро и может закончиться спустя несколько часов, в то время как после преодоления марафонской дистанции даже у тренированных спортсменов этот процесс растягивается на несколько дней (основной обмен нормализуется не менее чем через три дня). Таким образом, особенность выполненной нагрузки определяет характер адаптационных изменений.



В результате тренировок все органы и системы, которые обеспечивали выполнение физических упражнений, претерпевают морфологические изменения. Если нагрузки были интенсивными (скоростно-силовыми), то изменения развиваются главным образом в двигательной системе. При этом гипертрофируются быстрые мышечные волокна, вместе с этим возрастает мышечная масса. При тренировке на выносливость к длительной работе развиваются преимущественно медленные мышечные волокна, в которых возрастает функциональные возможности аэробных механизмов ресинтеза АТФ. Изменения развиваются в сердечно-сосудистой и дыхательной системах, крови. Эффективность выполнения физических упражнений проявляется в снижении затрат кислорода и уменьшении напряженности систем его транспорта.

Процесс восстановления ускоряется при активном отдыхе. Одной из его разновидностей является работа в период отдыха тех мышц, которые не были задействованы в выполнении основного упражнения. Другой разновидностью является смена режима физической работы. Так, если физические упражнения сопровождались накоплением большого количества недоокисленных продуктов обмена, то после их окончания полезно выполнить работу небольшой интенсивности. Новая нагрузка, приводя к улучшению кровообращения и усилению дыхания, способствует выведению продуктов обмена из работавших мышц, усилению процессов окисления. При этом, к примеру, молочная кислота будет активно окисляться в цикле Кребса, и одним из органов ее поглощения является сердце.

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994. – Т. 2. – 413 с.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.

#### Литература дополнительная

1. Психомоторная организация человека: учеб. / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
2. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.
3. Чусов, Ю.Н. Физиология человека: учеб. / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.

## Лекция 4

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ

### План

4.1. Фазы формирования двигательного навыка. Двигательная память и автоматизация движений. Значение формирования динамического стереотипа и экстраполяции в спортивных двигательных навыках.

4.2. Гетерохронность развития движений у детей. Возрастные особенности развития двигательных навыков. Роль физических упражнений в развитии двигательной функции у детей разного школьного возраста.

#### 4.1. Фазы формирования двигательного навыка. Двигательная память и автоматизация движений. Значение формирования динамического стереотипа и экстраполяции в спортивных двигательных навыках

Вновь образованные, доведенные до автоматизма движения называются двигательными навыками. Формирование двигательных навыков связано с совершенствованием каких-либо упражнений. Двигательный навык представляет собой индивидуально приобретенную форму различных по сложности координаций двигательных действий, образующуюся путем систематической тренировки.

Фонд двигательных навыков человека состоит, с одной стороны, из врожденных двигательных действий (сосание, глотание, сгибание и разгибание конечностей в ответ на действие раздражителей и т. д.), с другой – из двигательных актов, формирующихся в процессе специального обучения на протяжении индивидуальной жизни. Человек рождается с крайне ограниченными по числу и сложности проявлениями двигательных действий. В то же время, по наследству передается чрезвычайно важное свойство нервной системы – пластичность, обеспечивающее хорошую тренированность, т. е. способность в процессе обучения овладевать новыми, сложными по координации формами движений.

Физиологическим механизмом образования двигательных навыков, т. е. механизмом тренируемости, благодаря которому формируются новые виды двигательной деятельности, являются условные рефлексy. Формирование новых двигательных навыков происходит на базе ранее приобретенных организмом координаций. Чем больше у человека запас выработанных ранее двигательных актов, тем легче и быстрее он способен разучивать новые движения. Успешнее всего новые формы движений осваивают спортсмены, владеющие большим комплексом уже закрепленных сложных двигательных актов (гимнасты, акробаты, фигуристы).

В осуществлении новых двигательных актов важное значение имеет способность центральной нервной системы к экстраполяции. Процесс экстраполяции позволяет осуществлять как бы перенос уже имеющихся навыков и реализовать без предварительной подготовки новые координированные двигательные действия. Таким образом, новые двигательные навыки возникают на базе уже имеющихся: чем больше у человека двигательных навыков, тем быстрее у него формируется новый.

Выработка условного рефлекса происходит успешно, когда кора больших полушарий свободна от других видов деятельности. Поэтому обучение на одном занятии сразу нескольким новым движениям будет малоэффективно.

Большое значение при образовании нового двигательного навыка имеет уровень возбудимости нервной системы и особенно ее высшего отдела – головного мозга. Занятия должны быть эмоциональными, вызвать интерес у занимающихся. При этом формирование двигательного навыка будет происходить быстрее.

Двигательный навык представляет собой цепь двигательных актов, включающую несколько самостоятельных элементов (фаз, циклов), объединенных общей конечной целью. В процесс тренировки, направленной на формирование двигательного действия, отдельные компоненты движения выстраиваются в своеобразную систему последовательных двигательных актов в виде динамического стереотипа. Динамический стереотип в спортивных движениях относится только к последовательности осуществления их отдельных фаз. Временные отношения между фазами движений могут постоянно варьировать.

Формирование двигательного навыка при занятиях спортом проходит через несколько фаз. Первая – объединение отдельных элементов движения в целостное действие, характеризуется иррадиацией возбуждения в моторной зоне коры с генерализацией ответных двигательных реакций и вовлечением в работу «лишних» мышц (фаза генерализации). В начале обучения новому движению у занимающихся еще отсутствует точная и тонкая дифференцировка раздражений. Поэтому для них характерны обобщенная ответная реакция и вовлечение в работу большой группы мышц, которые не нужны для выполнения данного двигательного акта.

Во второй стадии, благодаря постепенной концентрации возбуждения, происходит улучшение координации движений, усиление стереотипности двигательных актов. Происходит концентрация возбуждительно-тормозных процессов. Большую роль в этом играет дифференцировочное торможение. Иррадиация возбуждения ограничивается и постепенно сменяется концентрацией в строго определенных нервных центрах. Условно-рефлекторные связи уточняются, структура движения совершенствуется, исключаются лишние мышечные группы. Большую роль при этом играет вторая сиг-

нальная система. В это время происходит формирование и закрепление двигательной доминанты.

Третья фаза формирования двигательного навыка – автоматизация. На этой фазе совершенствуется и полностью закрепляется двигательный динамический стереотип. Движения становятся точными, экономичными.

В процессе формирования двигательного навыка формируются и вегетативные реакции, направленные на его обеспечение. При осуществлении двигательного навыка усиливаются функции кровообращения и дыхания, угнетается деятельность пищеварительной системы. Если структура двигательного навыка проста, то раньше формируется движение, а позже вегетативные реакции. В двигательном навыке со сложными движениями все происходит наоборот: вначале формируются вегетативные реакции, а потом движение.

Вегетативные реакции двигательного навыка инертны. При изменении режима работы движения изменяются сразу, а вегетативные органы еще продолжают некоторое время работать в прежнем режиме.

Прочный двигательный навык очень трудно переделать. Поэтому при обучении следует сразу формировать правильные движения, так как переучивание потребует много времени.

Точность воспроизведения повторных движений зависит не только от величины параметров движений, но и от сохранения этих параметров в памяти.

Двигательные навыки, как и другие условные рефлексy, по мере закрепления становятся все более стойкими. При этом – чем они проще по своей структуре, тем прочнее. После прекращения систематической тренировки навык начинает утрачиваться. Быстрее всего разрушаются наиболее сложные в координационном плане компоненты двигательного навыка. Простые компоненты навыка могут сохраняться годами и даже десятилетиями. Так, человек, научившись плавать, ездить на велосипеде, сохраняет эти навыки в простейшем варианте даже после больших перерывов.

#### 4.2. Гетерохронность развития движений у детей.

Возрастные особенности развития двигательных навыков.

##### Роль физических упражнений в развитии двигательной функции у детей разного школьного возраста

Имеется ряд общих закономерностей развития с возрастом моторных качеств: гетерохронность, разнонаправленность и наличие сензитивных периодов.

Первой особенностью возрастного развития является то, что разные качества достигают своего максимального развития в различном возрасте, что свидетельствует о гетерохронности (разновременности) созревания функциональных систем. Быстрота и частота движений достигают максимального развития уже в 13–15 лет. К этому же возрасту заканчивается

в основном развитие координационных возможностей человека: меткости баллистических движений, точности дифференцирования амплитуды и усилий. Позже достигает максимального развития выносливость к статическим усилиям (в 18–20 лет). Мышечная сила и аэробная выносливость к динамической работе достигают максимума в 25–30 лет. У женщин сроки достижения максимума развития моторных качеств меньше на 1-2 года.

Второй особенностью возрастного развития моторных качеств является разнонаправленность их изменения в отдельные возрастные периоды, в частности – в период полового созревания. Скоростно-силовые качества в этот период растут интенсивно, а координированность (точность дифференцирования и воспроизведения амплитуд и усилий) часто даже ухудшается. Происходит это потому, что наблюдающаяся в этот период гормональная перестройка организма приводит к росту возбуждения и подвижности нервных процессов, которые способствуют проявлению скоростно-силовых качеств, но затрудняют управление соразмерностью движений из-за искажения субъективных эталонов движений в сторону их увеличения.

Следует учитывать и анатомо-морфологические изменения, происходящие в этот период у детей. Увеличение длины тела и конечностей приводит к изменению биомеханической структуры движений, что требует выработки новых координаций.

Третьей особенностью возрастного развития психомоторных качеств является наличие сенситивных периодов, во время которых наблюдается наибольшее развитие той или иной функции при ее упражнении.

Например, такое качество, как подвижность в тазобедренных суставах (выворотность), развивается до 12–15 лет. Если пропустить этот возраст, то выворотность развить практически невозможно.

Гибкость (подвижность позвоночного столба) определяет успешность выполнения упражнений в гимнастике и акробатике, в прыжках в воду, плавании, барьерном беге. Подвижность в плечевом суставе важна для пловцов и метателей, в локтевом – в спортивных играх и т. д. Подвижность позвоночного столба при сгибательных движениях и подвижность в тазобедренных суставах лучше у представительниц спортивной гимнастики, а подвижность позвоночного столба при разгибательных движениях лучше у девушек, занимающихся художественной гимнастикой.

Большой эффект в развитии подвижности позвоночного столба (гибкость) достигается в том случае, когда целенаправленное развитие начинается уже в раннем школьном возрасте. В более позднем возрасте (начиная с 13–14 лет) подвижность в суставах совершенствуется с большим трудом. Практика показывает также, что научить человека кататься на коньках, ездить на велосипеде и плавать легче в дошкольном возрасте, потому что в эти годы активно развиваются органы равновесия, меньше выражены реакции, связанные с боязнью.

Понятие ловкость не имеет общепризнанного определения среди ученых. Одно из определений ловкости – возможность человека совершать пространственно точные и своевременные действия.

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994. – Т. 2. – 413 с.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.

#### Литература дополнительная

1. Психомоторная организация человека: учеб. / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
2. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.
3. Чусов, Ю.Н. Физиология человека: учеб. / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.

## Лекция 5

### **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ**

#### План

5.1. Физиология развития физических качеств. Анатомо-физиологические основы развития максимальной силы (МС). Произвольная сила мышц (МПС) и силовой дефицит. Факторы, определяющие развитие МС и МПС.

5.2. Рабочая гипертрофия мышц и ее виды. Роль стероидных гормонов в развитии статической и динамической силы.

5.3. Физиологические основы развития скоростно-силовых качеств (силовой и скоростной компонент мощности).

5.4. Физиологические основы развития выносливости. Специфичность выносливости и ее виды. Показатели и критерии выносливости.

#### 5.1. Физиология развития физических качеств.

Анатомо-физиологические основы развития максимальной силы (МС).

Произвольная сила мышц (МПС) и силовой дефицит.

Факторы, определяющие развитие МС и МПС

Форма движения и его качественные характеристики тесно связаны между собой. Образование любого двигательного навыка связано и с качественными изменениями самого движения – его силы, быстроты и ловкости. В процессе овладения тем или иным движением одновременно изменяются и его качественные характеристики. Например, при разучивании броска одной рукой в прыжке у баскетболиста совершенствуются и скоростно-силовые качества. Но такой путь развития физических качеств медленный и малоэффективный. В тренировочном процессе используются специальные упражнения, направленные на совершенствование физических качеств.

Степень проявления физических качеств зависит от функционального состояния мышц (их возбудимости, сократимости, лабильности), характера нервной регуляции и уровня деятельности вегетативных функций.

Каждое из физических качеств развивается в тесной взаимосвязи с другими. Например, развитие быстроты происходит одновременно с развитием силы.

Развитие физических качеств обеспечивает повышение результатов не только в том упражнении, на выполнение которого направлена тренировка, но и в других, хотя и менее значительное. Это называется переносом двигательных навыков и качеств. Перенос может быть положительным или отрицательным. Каким он будет – положительным или отрицательным, зависит от степени сходства стереотипов нервных процессов и морфологических и функциональных изменений в организме, обеспечивающих развитие физических качеств. Если сходство большое, то перенос будет по-

ложительным, и наоборот. Положительный перенос более ярко выражен у спортсменов-новичков.

Сила характеризуется степенью напряжения, которое способна развить мышца. Мышечная сила с возрастом увеличивается. Это связано с увеличением поперечного сечения мышцы, которое начинает интенсивно расти с 7 лет. С возрастом увеличивается и количество работающих во время мышечного напряжения двигательных единиц. Для большинства групп мышц максимальная сила отмечается в возрасте 20–30 лет.

Тренировка увеличивает мышечную силу. Это достигается за счет увеличения поперечного сечения мышц, содержания в них богатых энергией химических соединений, а также совершенствования нервной регуляции мышц, усиления адаптационно-трофических нервных влияний и повышения уровня деятельности вегетативных функций, особенно сердечно-сосудистой системы.

Максимальная произвольная сила (МПС) мышц человека зависит от двух групп факторов: мышечных (периферических) и координационных (центральных).

Зависимость МПС от периферических факторов связана с механическими условиями действия мышечной тяги, с исходной длиной мышцы, площадью ее поперечного сечения, с соотношением быстрых и медленных волокон в сокращающейся мышце, с внутренней ее температурой. При равенстве всех перечисленных факторов максимально возможная сила мышцы в изометрическом режиме достигается в случае активации всех двигательных единиц и при сокращении всех волокон в режиме гладкого тетануса.

Координационные факторы, определяющие максимальную произвольную силу, – это центральные механизмы управления деятельностью мышц. Среди них выделяют механизмы внутримышечной координации (число возбуждаемых мотонейронов мышцы и синхронизацию их импульсации во времени) и межмышечные координационные механизмы (выбор необходимых для выполнения поставленной задачи мышц-синергистов и сопряженное торможение мышц-антагонистов). В естественных условиях МПС всегда меньше, чем истинная максимальная сила мышцы. Последнюю определяют, раздражая у человека нерв, иннервирующую мышцу (например, трехглавую мышцу голени), импульсами электрического тока. Разница между истинной максимальной силой мышц и их МПС называется силовым дефицитом.

При тренировке силы мышц происходит умеренное повышение активности нейронов сенсорных и моторных центров. Усиливаются внутрицентральные и корково-спинальные функциональные связи моторных центров, обеспечивающие при выполнении силовых упражнений максимально возможное по числу вовлечение в работу двигательных единиц. Улучшаются центральные координационные процессы управления различными мышечными группами.



## 5.2. Рабочая гипертрофия мышц и ее виды.

### Роль стероидных гормонов в развитии статической и динамической силы

В развитии максимальной силы сокращения мышцы имеют значение ее структурные особенности: общее число мышечных волокон, их ход (прямой, косой), толщина волокон, количество миофибрилл в каждом волокне. При прочих равных условиях сила мышц зависит от ее поперечного сечения. Увеличение поперечника мышцы в результате специальной физической тренировки называется рабочей гипертрофией.

Выделяют два крайних типа рабочей гипертрофии мышечных волокон - миофибриллярную и саркоплазматическую. При миофибриллярной рабочей гипертрофии увеличение поперечных размеров волокон обусловлено ростом числа и объема миофибрилл. Миофибриллярная гипертрофия возникает лишь при использовании в качестве тренировочных нагрузок усилий более 75 % от максимальной произвольной силы.

В основе рабочей гипертрофии лежит интенсивный синтез мышечных белков. Роль стимулятора синтеза актина и миозина, а значит и рабочей гипертрофии, выполняет креатин, содержание которого в сокращающихся мышцах растет. Под влиянием гипоталамо-гипофизарной системы повышается продукция андрогенов. Возрастает количество рецепторов андрогенов в ядрах и цитоплазме миоцитов. Повышается концентрация соматотропина и синтезируемых печенью соматомединов, ускоряющих утилизацию аминокислот и глюкозы мышечными клетками, синтез протеинов и развитие мышечной гипертрофии. Усиление поглощения аминокислот и глюкозы, синтез РНК, ДНК и тканевых белков, увеличение количества актин-миозинового комплекса происходят преимущественно в быстрых волокнах. Кроме того, в процессе силовой тренировки возрастает количество белков саркоплазматического ретикулула, миозиновой АТФ-азы и миоглобина. Все это приводит к миофибриллярной гипертрофии в быстрых гликолитических волокнах, увеличению занимаемой ими площади в тренируемых мышцах и, следовательно, силы мышц. Структурные адаптивные перестройки сопровождаются метаболическими. Имеет место локальное увеличение запасов креатинфосфата и гликогена, содержания и активности миокиназы, КФ-киназы и гликолитических ферментов, повышение мощности фосфагенной и гликолитической энергетических систем скелетных мышц.

Силовая тренировка, как и другие не изменяет соотношения в мышцах быстрых и медленных волокон. При тренировке силовой направленности в мышце увеличивается процент быстрых гликолитических волокон и, соответственно, уменьшается процент быстрых окислительно-гликолитических.

Саркоплазматическая гипертрофия имеет место при длительной тренировке ритмическими сокращениями, в процессе которых мышцы работают в аэробных условиях. При этом типе гипертрофии увеличение размеров

мышечных волокон происходит за счет увеличения объема саркоплазмы, а не сократительных белков. Возрастает количество несократительных белков, гликогена, креатинфосфата, миоглобина, число митохондрий. В связи с этим мышечная сила может не меняться, либо может даже уменьшаться. В то же время существенно возрастает аэробная выносливость таких мышц, т. е. способность длительное время выполнять работу в аэробных условиях. Наиболее предрасположены к саркоплазматической гипертрофии медленные и быстрые окислительно-гликолитические волокна.

В реальной жизни гипертрофия мышечных волокон представляет собой комбинацию двух описанных типов. Преобладание одного из этих типов зависит от характера тренировочных нагрузок.

### 5.3. Физиологические основы развития скоростно-силовых качеств (силовой и скоростной компонент мощности)

Мощность, как ведущее качество спортсмена, необходима для выполнения многих спортивных упражнений (метания, прыжки, борьба, спринтерский бег и т. д.) Чем большую мощность развивает спортсмен, тем большую скорость он может сообщить снаряду или собственному телу. Максимальная мощность является результатом оптимального сочетания силы и скорости. Отсюда следует, что мощность можно увеличить за счет повышения либо силы, либо скорости сокращения, либо силы и скорости одновременно.

Силовой компонент мощности. В значительной мере мощность определяется максимальной силой участвующих в работе мышц. В связи с высокой специфичностью эффектов тренировки, изометрические нагрузки мало влияют на динамическую силу, а динамические – на статическую. Отсюда следует, что для повышения динамической силы необходимо использовать, в первую очередь, динамические нагрузки.

Одной из разновидностей динамической мышечной силы является взрывная сила, характеризующаяся способностью к быстрому проявлению мышечной силы. Взрывная сила определяет результативность метателей, прыгунов, спринтеров, борцов и др. Критерием оценки и количественным показателем взрывной силы является градиент силы, т. е. скорость ее нарастания. Градиент силы определяется как отношение величины максимально достигаемой силы ко времени ее нарастания.

Основными факторами, ответственными за развитие взрывной силы, являются координационные способности моторных центров и скоростные сократительные способности мышц. Среди координационных способностей центральной нервной системы основное значение имеют частота импульсации мотонейронов в начале разряда и степень синхронизации импульсации разных двигательных нейронов. Чем больше начальная частота импульсации (активация мышечных клеток), тем быстрее нарастает сила мышц.

Скоростные сократительные свойства скелетной мышцы зависят также от ее композиции, т. е. соотношения числа быстрых и медленных волокон. Быстрые волокна составляют значительно большую часть мышечной массы у представителей скоростно-силовых видов спорта (спринтеры, прыгуны, метатели).

Скоростной компонент мощности, развиваемой спортсменом во время выполнения физических упражнений, определяется, во-первых, силой сокращения мышц. Согласно второму закону Ньютона, чем большее усилие прилагается к массе тела, тем больше скорость, с которой оно движется. Отсюда, чем больше сила мышц бедра, тем выше предельная скорость бега спринтера. Во-вторых, скоростными сократительными свойствами мышц. Чем больший процент быстрых волокон в мышце, тем с большей скоростью может выполняться каждое отдельное движение, тем большее количество двигательных циклов может совершаться в единицу времени. У выдающихся спринтеров процент быстрых мышечных волокон значительно выше, чем у спортсменов. И в-третьих, внутримышечными координационными способностями центральной нервной системы.

#### 5.4. Физиологические основы развития выносливости.

##### Специфичность выносливости и ее виды.

##### Показатели и критерии выносливости

Выносливость характеризуется временем сохранения работоспособности и повышенной сопротивляемости организма к утомлению при работе.

Выносливость к статическим усилиям с возрастом повышается. Ее физиологическим механизмом является способность нервной системы длительно поддерживать состояние непрерывного возбуждения нервных центров без наступления запредельного торможения. Повышение выносливости к статическим усилиям различных мышечных групп происходит неравномерно. Так, выносливость к статическим усилиям мышц предплечья, туловища и икроножной мышцы наиболее значительно повышается у детей младшего школьного возраста. В 8–11 лет наименьшая выносливость к статическим усилиям наблюдается в разгибателях туловища, а наибольшая – в сгибателях и разгибателях предплечья.

Общая выносливость характеризует способность человека выполнять динамическую работу умеренной интенсивности в течение длительного времени. В основе выносливости лежит повышение энергетического потенциала организма уровня вегетативных систем, устойчивости нервных центров к длительно действующим на них импульсам с периферии.

Скоростная выносливость характеризуется способностью поддерживать высокий темп движений. Ее физиологической основой является развитие функциональной устойчивости нервных клеток к высоким ритмам оказываемых на них воздействий, повышение лабильности нервно-мышечной передачи, повышение скорости окислительно-восстановительных про-

цессов. Развитие скоростной выносливости происходит на базе общей выносливости. Скоростная выносливость требует увеличения как аэробных, так и анаэробных возможностей организма. С целью повышения устойчивости организма к работе в условиях дефицита кислорода и избытка кислых продуктов в крови можно применять специальные упражнения: задержку дыхания, пребывание в условиях высокогорья и среднегорья.

Силовая выносливость характеризуется сохранением работоспособности при динамической работе со значительными нагрузками.

Физическая нагрузка повышает выносливость. Изменения, которые возникают в результате тренировки, носят специфический характер. Так, применение длительных нагрузок с целью повышения общей выносливости и применение интенсивных кратковременных нагрузок с целью повышения скоростной выносливости вызывают увеличение содержания гликогена в организме. Однако при тренировках длительными нагрузками его содержание увеличивается главным образом в печени, а при тренировке интенсивными кратковременными нагрузками – в мышцах.

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994. – Т. 2. – 413 с.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А. С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.

#### Литература дополнительная

1. Психомоторная организация человека: учеб. / Е.П. Ильин – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
2. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.
3. Чусов, Ю.Н. Физиология человека: учеб. / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.

## Лекция 6

# АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И РЕЗЕРВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА

### План

- 6.1. Понятие адаптации к различным факторам среды.
  - 6.2. Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам.
  - 6.3. Виды адаптации. Типы индивидуальной адаптации.
  - 6.4. Роль эндокринной системы в адаптации к физическим нагрузкам.
- Адаптация кардиореспираторной системы. Адаптация опорно-двигательного аппарата.

### 6.1. Понятие адаптации к различным факторам среды

Живое существо может находиться в двух, принципиально отличающихся состояниях – физиологическим покое и активном, деятельном состоянии. Диапазон физиологических процессов в последнем случае весьма широк: от состояния утреннего пробуждения до смерти. Когда на организм действуют какие-то факторы или в нем самом возникают процессы, по своей интенсивности превосходящие обычный (привычный) уровень, возникают ответные реакции – адаптации.

Частным случаем адаптации является компенсация. Компенсаторные механизмы обеспечивают устранение или ослабление функциональных сдвигов в организме, вызванных неадекватными факторами среды. Как и физиологическая стадия адаптации, они мобилизуются быстро, постепенно затухают по мере развития адаптационного процесса. Например, при воздействии холода сужение кровеносных сосудов кожи обеспечивает сохранение в организме тепла. А при отравлении угарным газом снижение кислородной насыщенности крови компенсируется усилением кровотока за счет интенсификации работы сердца.

Расширяя ареал своего существования, участвуя в производственных отношениях, человек изменяется сам. В его организме происходят порой существенные перестройки, захватывающие многие органы и системы, которые именуются адаптационными. Адаптация – это приспособительный процесс, возникающий в ходе индивидуальной жизни человека, в результате которого приобретает способность жить в ранее непривычных для жизни условиях, или на новом уровне активности, т. е. повышается устойчивость организма к действию факторов этих новых условий существования.

Организм человека может адаптироваться к высокой или низкой температуре, к действию необычных по силе и эмоциональных раздражителей (страх, боль и т. п.), к пониженному барометрическому давлению или даже к некоторым болезнетворным факторам. Например, адаптированный к гипоксии альпинист способен подняться на горную вершину, высота которой может превышать 8000 м, где парциальное давление кислорода приближа-

ется к 50 мм рт. ст. Атмосфера на такой высоте столь разрежена, что неприспособленный человек погибает за считанные минуты от недостатка кислорода, даже находясь в условиях покоя.

По сути дела, люди, живущие в северных или южных широтах, в горах или на равнине, во влажных тропиках или пустыне, по многим параметрам гомеостаза отличаются друг от друга. Поэтому ряд показателей нормы для отдельных регионов земного шара может различаться.

Можно сказать даже, что сама жизнь человека в реальных условиях есть постоянный адаптационный процесс. Организм человека адаптируется к действию различных климато-географических и природных факторов (атмосферное давление и газовый состав воздуха, продолжительность и интенсивность инсоляции, температура и влажность, сезонные и суточные ритмы, географическая долгота и широта, горная и равнинная местность и т. д.), социальных, а также факторов цивилизации. Нередко организм адаптируется к действию комплекса различных факторов.

Необходимость активировать механизмы, приводящие в действие адаптационный процесс, возникает по мере нарастания силы или продолжительности воздействия какого-либо внешнего фактора. К примеру, в естественных условиях жизни такие процессы развиваются осенью и весной, когда организм постепенно перестраивается при похолодании или потеплении климата. Адаптация развивается и тогда, когда человек меняет уровень активности: начинает заниматься физкультурой, каким-либо видом трудовой деятельности, т. е. по мере нарастания интенсивности выполняемых актов жизнедеятельности.

В настоящее время вследствие развития скоростного транспорта человек при дальних поездках столкнулся не только с проблемой быстрой смены климато-географических условий, но и пересечения часовых поясов. Последнее обстоятельство затрагивает смену биоритмов, что также проявляется в развитии адаптационных процессов.

## 6.2. Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам

Любой фактор внешней среды, к которому развивается процесс адаптации, если действует очень долго или становится слишком интенсивным, может перейти в разряд повреждающих – стрессорных. Стрессорными эти факторы могут стать и при ослаблении организма. Таким образом, при действии раздражителя высокой интенсивности вследствие чрезвычайного напряжения функциональной активности органа она может оказаться неадекватной данным условиям, и процесс физиологического переходит в патологический. Такой переход целесообразно называть стрессом или общим адаптационным синдромом (Селье). Этот синдром развивается и при действии на организм раздражителя, являющегося болезнетворным (инфекционный агент, физическая или психическая травма и т. п.). В своем развитии стресс проходит три стадии:

- тревога,
- резистентность,
- истощение.

После стрессорного воздействия развивается первая стадия – реакция тревоги. В это время происходит начальная мобилизация защитных сил организма. Одним из основных механизмов их является выраженная активация симпатoadреналовой системы. При этом увеличивается и повышается активность коркового слоя надпочечников, сморщиваются и уменьшаются вилочковая железа, лимфоидные железы.

Эта стадия в благоприятных условиях через 1-2 суток переходит в стадию резистентности, т. е. устойчивости.

Если же стрессор оказался слишком мощным или организм недостаточно устойчивым, развивается стадия истощения. В отличие от первой стадии, мобилизующей организм, здесь при сильном и длительном воздействии стрессора возникает болезнь или даже смерть организма.

#### Срочная и долговременная адаптация

Резкое изменение условий внешней среды, несущее угрозу организму, запускает его сложную адаптивную реакцию. Основной регуляторной системой является гипоталамо-гипофизарная система, деятельность которой, в конечном итоге, и перестраивает активность вегетативных систем организма таким образом, что сдвиг гомеостаза устраняется или заблаговременно прекращается. В этой адаптивной перестройке активно участвует и нервная система, особенно ее гипоталамический отдел. В центральной нервной системе происходят изменения клеточного обмена (повышается метаболизм важнейших макромолекул – РНК и белков). После ликвидации нарушений гомеостаза метаболизм макромолекул в нервных структурах, участвующих в процессе адаптации, все еще остается измененным. В этом и заключается механизм адаптации: если угроза повреждения гомеостаза повторится, она будет протекать уже на фоне измененного, адаптированного к стрессорному воздействию метаболизма клеточных структур.

Поскольку повторное воздействие стресс-фактора приводит к адаптации (а именно на этом основаны тренировки, обучение и т. п.), то сдвиги в метаболизме РНК и белков биологически целесообразны и способствуют более эффективному развитию физиологических адаптаций. В процессе формирования адаптаций к природным факторам среды ведущую роль играют реакции коры надпочечников, возбуждаемые секрецией адренокортикотропного гормона гипофиза. Любое интенсивное воздействие на организм приводит к появлению в организме изменений, лучше всего определяемых по состоянию надпочечников - их весу и химическому составу или по выделению в кровь и содержанию в тканях гормонов кортикостероидов и катехоламинов. Это касается, в основном, формирования индивидуальных адаптаций, реакций организма на факторы внешней среды.

### 6.3. Виды адаптации. Типы индивидуальной адаптации

Большинство адаптационных реакций человеческого организма осуществляются в два этапа: начальный этап срочной, но не всегда совершенной, адаптации, и последующий этап совершенной, долговременной адаптации.

Срочный этап адаптации возникает непосредственно после начала действия раздражителя на организм и может быть реализован лишь на основе ранее сформировавшихся физиологических механизмов. Примерами проявления срочной адаптации являются: пассивное увеличение теплопродукции в ответ на холод, увеличение теплоотдачи в ответ на тепло, рост легочной вентиляции и минутного объема кровообращения в ответ на недостаток кислорода. На этом этапе адаптации функционирование органов и систем протекает на пределе физиологических возможностей организма, при почти полной мобилизации всех резервов, но, не обеспечивая наиболее оптимальный адаптивный эффект. Так, бег нетренированного человека происходит при близких к максимуму величинах минутного объема сердца и легочной вентиляции, при максимальной мобилизации резерва гликогена в печени. Биохимические процессы организма, их скорость, как бы лимитируют эту двигательную реакцию, она не может быть ни достаточно быстрой, ни достаточно длительной.

Долговременная адаптация. При повторном действии раздражителя (например, при повторных физических тренировках) либо при очень продолжительном их воздействии (пребывание в горах в условиях разреженной атмосферы, в новых климато-географических условиях) первая стадия постепенно переходит во вторую – долговременную (морфологическую). Она развивается лишь в результате многократного повторения срочных адаптационных реакций.

Во время этой стадии постепенно совершается структурная перестройка органов. В результате морфологическая основа органа (органов) постепенно увеличивается, а, следовательно, возрастают функциональные резервы. Поэтому раздражитель, ранее бывший необычным для организма, уже перестает быть таковым, и изменившаяся структура, в связи с ее возросшими функциональными возможностями, легко справляется с ответом на эту величину раздражителя. В указанную фазу наряду с развитием неспецифических изменений в организме, свойственных ответу на действие любого фактора, проявляются и специфические механизмы, повышающие устойчивость к конкретному раздражителю.

В учении о стрессе эта фаза называется «стадией резистентности». Переход от срочной, во многом еще несовершенной фазы адаптации к долговременной знаменуют собой узловым момент адаптационного процесса. Именно этот переход делает возможной жизнь организма в новых условиях. Другими словами, именно здесь «решается», разовьется в организме истинная реакция адаптации или возникнет (продолжится) стресс-реакция.

В этот период в зависимости от раздражителя и формируется структурный след, составляющий материальную основу адаптации. Если организм



адаптируется к действию химического фактора, то результат достигается главным образом за счет увеличения содержания ферментов системы цитохромов в печени и ее гипертрофии.

В процессе адаптации организма к гипоксии вовлекаются многие органы и системы. Выделяют пять основных компонентов структурного следа.

- Во-первых, возрастает мощность системы поступления и транспорта кислорода. В результате возрастает резистентность к гипоксии любого генеза.

- Во-вторых, активация синтеза РНК и белков в головном мозге обеспечивает ускорение формирования временных связей, увеличение мощности стресс-лимитирующих систем. Это обеспечивает увеличение устойчивости к эмоциональным стрессорам, к неврозам и т. п.

- В-третьих, снижается функциональная активность супраоптических ядер гипоталамуса и клубочковой зоны надпочечников. Следствием этого является снижение резерва натрия и воды в организме (антигипертензивный эффект).

- В-четвертых, возникают изменения в системе иммунитета и как следствие – широкий антиаллергический эффект.

- В-пятых, происходит увеличение активности дезинтоксикационных систем в печени, антиоксидантных систем в различных органах. Следствие этого является увеличение устойчивости к атерогенным и токсическим факторам.

#### Типы индивидуальной адаптации

Под генотипом понимают совокупность всех генов организма или его наследственных факторов. Фенотип – это система признаков и свойств организма, результат реализации генотипа в определенных условиях внешней среды. Считается благоприятным тот факт, что фенотип не передается по наследству. В быстро меняющейся среде следующее поколение людей рискуют встретиться с совершенно новыми условиями, в которых требуется не специфическая реакция прошлого поколения, а возможность адаптации к совершенно другому спектру воздействующих факторов. Развитие новых адаптационных реакций приводит к тому, что организм приобретает новое качество – устойчивость к гипоксии, тренированность к физическим нагрузкам, новый навык и т. д. Следовательно, организм уже не может быть поврежден тем фактором, к которому приобретена адаптация. Адаптационные реакции – это реакции, предупреждающие повреждение организма. Они составляют основу профилактики болезней, естественного их предупреждения.

Под генетической адаптацией имеется в виду совокупность морфофизиологических и поведенческих особенностей, направленных на поддержание гомеостаза и позволяющих организму существовать в сложных условиях среды. Фенотипическая адаптация предусматривает не заранее сформированную наследственную адаптивную реакцию, а возможность ее

формирования под влиянием среды. Это обеспечивает реализацию только жизненно необходимых адаптационных реакций, а также экономное, направляемое самой окружающей средой, расходование энергетических и структурных ресурсов организма и, таким образом, формирование фенотипа. Поэтому между генотипической и фенотипической адаптацией существует тесная связь. По существу, генотипическая адаптация отражает как филогенетический уровень организма, так и возникшие в эволюции и закрепленные в потомстве адаптивные сдвиги определенных функций.

Генотипическую и фенотипическую адаптацию подразделяют, в свою очередь, на эволюционную (филогенетическую) и онтогенетическую, или индивидуальную, протекающую с момента рождения организма и до конца жизни. Эволюционная адаптация человеческой популяции прослеживается при наблюдении генотипических и фенотипических различий у рас и народов. Наиболее выраженные различия между большими расами – это различия пигментации кожи. Большинство современных приматов имеет темную пигментацию, и поэтому есть основание предполагать, что популяция древнего человека также состояли из темнокожих индивидуумов. При продвижении народов из центра возникновения на север произошла адаптация людей к низкому уровню ультрафиолетового облучения. Светлая кожа лучше пропускает ультрафиолетовые лучи, в глубоких слоях кожи активнее происходит образование витамина Д, и это позволило древним людям приспособиться к условиям Севера, где мало ультрафиолета.

Организм человека обладает способностью приспосабливаться к меняющимся факторам среды. Вследствие этого, реализация генотипа изменчива и протекает приспособительно к конкретным факторам. Наличие онтогенетической адаптации позволяет организму значительно расширить возможности приспособления.

#### 6.4. Роль эндокринной системы в адаптации к физическим нагрузкам. Адаптация кардиореспираторной системы. Адаптация опорно-двигательного аппарата

Нервная система перестраивается в процессе тренировки на разных морфологических уровнях. Изменения возникают в корковых и подкорковых центрах, периферических нервах, нервных окончаниях, т. е. в нервных структурах, расположенных как центрально, так и периферически.

Повышенная двигательная активность, увеличивая приток афферентных импульсов по проприоцептивным путям коркового направления, отражается на строении пирамидных клеток коры большого мозга. В частности, увеличивается «отросчатость» дендритов и количество шипиков по их длине. Разрастание дендритов с образованием новых контактов между нервными клетками способствует накоплению информации, локализуемой и сохраняемой в синапсах. Память на движения (двигательная память) связана поэтому с образованием новых межнейронных связей.

В условиях перетренированности при истощающих нервную систему физических нагрузках нервные клетки коры головного мозга претерпевают изменения, ведущие к серьезным нарушениям в их деятельности. Рибосомы (место синтеза белка) и митохондрии (место энергообеспечения клетки) уменьшаются в количестве.

В двигательных нервных клетках передних рогов спинного мозга при умеренных мышечных нагрузках повышается образование белков, активируется действие ферментов; при сильных нагрузках эти процессы тормозятся.

Физические нагрузки отражаются и на строении периферических нервов. В частности, ускоряется миелинизация осевых цилиндров нервных волокон, что улучшает проведение импульсов по нерву. Известно, что с возрастом соотношение миелиновых волокон разного диаметра в составе периферических нервов меняется: доля волокон малого диаметра увеличивается, среднего и большого уменьшается. Это объясняется естественной убылью преимущественно тех нервных клеток, у которых размеры тела и толщина аксона достаточно велики. В результате ухудшаются условия проведения нервных импульсов. Физические нагрузки умеренной интенсивности препятствуют этому и приводят к тому, что в первую очередь гибнут нейроны малых размеров, поэтому в периферических нервах повышается доля волокон среднего и большого диаметра. В результате скорость проведения нервных импульсов повышается.

При кратковременных интенсивных нагрузках отмечено разрастание концевых окончаний по ходу нервного волокна, увеличение размера двигательных бляшек. Продолжительные интенсивные нагрузки вызывают увеличение количества нервных окончаний (бляшек). Предельные нагрузки ведут к тому, что часть нервных клеток и волокон уменьшаются, что характерно для состояния перетренированности.

Эндокринный аппарат. Нервные механизмы регуляции в организме сочетаются с гуморальными. Местом постоянного взаимодействия их служат промежуточный мозг (гипоталамус) и гипофиз.

Физические нагрузки повышают активность нейросекреции в клетках ядер гипоталамуса. Нейросекрет по гипоталамо-гипофизарным путям смещается в заднюю долю гипофиза и используется здесь при образовании гормонов – вазопрессина и окситоцина, влияющих на сокращение гладкой мускулатуры в стенке сосудов, внутренних органов и на центральную нервную систему.

Сокращение скелетной мускулатуры регулируется гипофизарно-адренкортикальной системой, управление которой осуществляется гипоталамусом и лимбической системой (гиппокампом). Влияние гипофиза и коры надпочечников на мышечное сокращение заключается в повышении активности систем доставки кислорода и глюкозы к работающим мышцам. Активность коркового вещества надпочечников при длительной мышечной деятельности снижается.

Сочетание нервных и эндокринных влияний проявляется и в деятельности симпато-адреналовой системы. Симпатические нервы, входящие в состав вегетативной нервной системы, выделяют при состоянии возбуждения химическое соединение – норадреналин. Мозговое вещество надпочечника продуцирует другой катехоламин – гормон адреналин. Под влиянием физических нагрузок содержание их в крови увеличивается. Причем это зависит не только от объема мышечной деятельности, но и от нейроэмоционального состояния спортсменов.

Под влиянием физических нагрузок происходят морфологические изменения и в эндокринных железах. В качестве примера рассмотрим гипофиз и надпочечники. Как известно, гипофиз оказывает влияние на другие эндокринные железы: надпочечники, половые, щитовидную. Эффект действия на гипофиз умеренных и высоких однократных физических нагрузок различен. При однократной умеренной физической нагрузке интенсивность кровотока в передней доле гипофиза снижается. Однако клетки ее – аденоциты – активизируются, что выражается в увеличении размера их ядер и числа клеточнокапиллярных контактов.

При однократной интенсивной нагрузке капиллярный кровоток в передней доле гипофиза нарастает. Кровеносные капилляры расширены, их края приобретают фестончатые очертания. Аденоциты, увеличиваясь в размерах, еще более тесно контактируют с кровеносными капиллярами, что облегчает выделение в кровь гормонов. Все это свидетельствует о повышении функциональной активности передней доли гипофиза при мышечных нагрузках. При длительном действии умеренных физических нагрузок функциональная активность аденогипофиза после периода повышения снижается. На этой стадии организм уже адаптируется к условиям двигательного режима.

В надпочечнике изменения имеют фазовый характер: при нарастании нагрузок вначале происходит увеличение размеров железы, сопряженное с ее функциональной активизацией, затем – снижение, свидетельствующее об истощении функции. Увеличение размеров надпочечника выражается в утолщении как мозгового вещества, так и клубочковой, пучковой и сетчатой зон его коркового вещества. Вначале изменяются мозговое вещество и клубочковая зона коркового вещества надпочечника: увеличиваются размеры клеток мозгового вещества, вырабатывающих катехоламины, и размеры ядер этих клеток.

На следующем этапе наибольшим влиянием физической нагрузки подвергается пучковая зона коркового вещества: кровеносные капилляры ее сильно расширяются, в секреторных клетках увеличиваются размеры ядер. При нарастающей физической нагрузке вновь активизируется клубочковая зона коркового вещества, где расширяются кровеносные капилляры, а в секреторных клетках увеличиваются размеры ядер.

В клетках пучковой зоны при их перенапряжении нарушается целостность мембран и органелл. Увеличение пучковой зоны характерно для

стрессовых состояний. Изменение сетчатой зоны можно рассматривать как проявление ее трансформации в пучковую. При нагрузке изменяются размеры ядер: вначале они увеличиваются, затем уменьшаются. Этот переход в сетчатой зоне происходит раньше, чем у пучковой.

Изменения надпочечников отражаются на состоянии других железистых и иммунных органов. Увеличение и активизация коркового вещества надпочечников нередко сопровождаются угнетением активности щитовидной железы, уменьшением веса вилочковой железы и семенных пузырьков.

Итак, при нарастающих двигательных режимах организм предъявляет к большинству органов повышенные требования. Нарастание уровня деятельности органов проявляется в их функции, однако всегда отражается и на строении. Возможны клеточный и внутриклеточный типы перестройки структур. Последний, например, характерен для центральной нервной системы и сердечной мышцы.

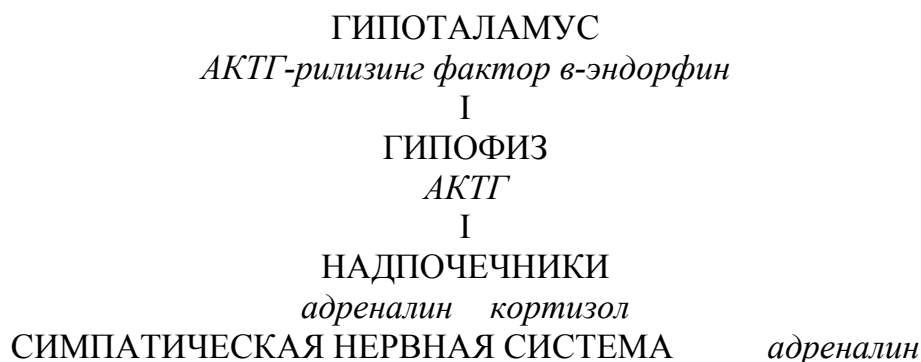


Схема регуляции секреции гормонов стресса

Действие гормонов надпочечников

Действие адреналина	Действие кортизола
Учащает частоту сердечных сокращений	Увеличивает уровень сахара в крови
Повышает артериальное давление	Снижает секрецию инсулина (диабет напряжения)
Расширяет просвет бронхиол	Уменьшение вилочковой железы, селезенки, жировой ткани (снижение иммунитета)
Расширяет зрачок	Блокирует выброс тестостерона (снижение либидо)
Снижает тонус гладкой мускулатуры ЖКТ	Увеличивает секрецию соляной кислоты и уменьшение секреции мукоиды клетками желудка (изъязвление слизистой ЖКТ)
Снижает секрецию пищеварительных желез	Увеличивает число свободных радикалов (перикисное окисление)
Вызывает сокращение пиломоторов, появление «гусиной кожи»	Вызывает повреждение клеток гиппокампа (ухудшение памяти)
Повышает уровень основного обмена	
Увеличивает уровень сахара в крови	

Для выполнения физических нагрузок необходимо, чтобы к мышцам поступало достаточное количество кислорода и источников энергии. Это становится возможным при условии выхода систем доставки кислорода - дыхательной и сердечно-сосудистой на новый уровень. Указанный процесс осуществляется с помощью эндокринной системы. Поэтому нагрузка, в первую очередь, «ложится» на «плечи» эндокринной системы. Активизируется система гипоталамус – гипофиз – надпочечники. От коры больших полушарий импульсы поступают к гипоталамусу, от которого по чревному нерву импульсы идут к мозговому веществу надпочечников. В результате указанной стимуляции мозгового вещества происходит секреция значительного количества адреналина. Адреналин выбрасывается также и симпатический нервной системой. Концентрация адреналина в крови увеличивается в 300 раз. На увеличение количества адреналина в крови реагируют чувствительные ядра гипоталамуса, что приводит к синтезу адренотропного гормона, действующего на аденогипофиз и усиливающего секрецию адренотропного гормона. Последний стимулирует секрецию гормонов надпочечников (рисунок). Это так называемый «принцип положительной обратной связи». В результате в крови увеличивается количество кортизола и альдостерона.

Адаптация кардиореспираторной системы. Во время динамической работы для обеспечения активных мышц кровью значительно возрастают все показатели, характеризующие деятельность сердечно-сосудистой системы. При легкой работе с постоянной нагрузкой частота сердечных сокращений (ЧСС) возрастает в течение 3–6 мин и достигает постоянного уровня. Это стационарное состояние ЧСС может сохраняться на протяжении многих часов, вплоть до окончания работы, и свидетельствует об отсутствии утомления работающего.

В процессе тяжелой работы с постоянной нагрузкой стабильного уровня частота сердечных сокращений не достигает. По мере развития утомления оно увеличивается до максимума, величина которого зависит от возраста человека. Функцию обеспечения мышечной деятельности (как и других процессов в организме) кислородом, питательными и биологически активными веществами выполняет и сердечно-сосудистая система. Повышенные физические нагрузки вызывают перестройку всех звеньев этой системы, и в первую очередь сердца.

Гиперфункция сердца ведет к увеличению его размеров вследствие гипертрофии миокарда и расширения (дилатации) камер сердца. Хотя гипертрофия миокарда неотъемлемая особенность сердца спортсменов, однако у тренирующихся на силу и ловкость (гимнастов, акробатов, тяжелоатлетов) она выражена незначительно и не выявляется методами рентгенодиагностики и электрофизиологии, а у тренирующихся на выносливость (бегунов-стайеров, велосипедистов-шоссейников и др.) может достигнуть

большой выраженности. Имеются, вероятно, и индивидуальные предпосылки к развитию выраженной гипертрофии миокарда.

Масса сердца у здоровых, не занимающихся спортом людей составляет в среднем 270–285 г, у спортсменов – 310–500 г. Между массой сердца и вместимостью его камер прямой связи не найдено. Увеличение массы сердца сопровождается гипертрофией мышечных клеток – кардиомиоцитов: их поперечник достигает 25–35 мкм.

Дыхательная система. Во время легкой динамической работы легочная вентиляция нарастает также как и минутный объем кровообращения в зависимости от уровня метаболической активности организма. При тяжелой работе увеличение легочной вентиляции происходит в большей степени, чем это необходимо для возрастания потребления кислорода соответствующего уровню метаболических потребностей. Это происходит вследствие накопления в крови молочной кислоты (метаболической ацидоз крови), оказывающей стимулирующее воздействие на систему дыхания.

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994. – Т. 2. – 413 с.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.

#### Литература дополнительная

1. Психомоторная организация человека: учеб. / Е.П. Ильин – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
2. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.
3. Чусов, Ю.Н. Физиология человека: учеб. / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.

## Лекция 7

# ТРЕНИРОВАННОСТЬ – СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ФОРМА АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

### План

7.1. Физиологические механизмы развития тренированности. Генетические основы тренируемости. Тренированность и спортивная форма.

7.2. Два основных тренировочных эффекта. Диагностика тренированности.

7.3. Показатели тренированности в состоянии относительного покоя, при выполнении стандартной и предельной нагрузки.

7.4. Характеристика перетренированности и меры ее предупреждения.

### 7.1. Физиологические механизмы развития тренированности.

#### Генетические основы тренируемости.

#### Тренированность и спортивная форма

Спортивная тренировка – это специализированный педагогический процесс, направленный как на повышение общей работоспособности организма, так и на улучшение спортивных результатов в избранном виде спорта.

В результате тренировки в организме возникает эффект тренированности, характеризующий уровень специальной работоспособности спортсмена. Уровень специальной работоспособности называется спортивной формой. Тренировочный процесс должен отвечать следующим требованиям: быть непрерывным, разносторонним, направленным на повышение специальной работоспособности. В тренировочном процессе можно выделить три периода, каждый из которых имеет свою цель и соответствующее ей содержание. Различают подготовительный, соревновательный и переходный периоды.

Подготовительный период состоит из двух этапов и длится от 3 до 4 месяцев. Целью первого этапа подготовительного периода является общая физическая подготовка, второго – развитие специальных двигательных навыков и физических качеств, необходимых для достижения высоких результатов в конкретном виде спорта.

Соревновательный период продолжается 4–5 месяцев. В это время спортсмен принимает участие в основных соревнованиях года. Целью при этом является сохранение и некоторое повышение уровня тренированности.

Переходный период длится от 4 до 6 недель. В этот период тренировочные нагрузки уменьшаются и уровень тренированности постепенно снижается. Спортсменам предоставляется отдых.



## 7.2. Два основных тренировочных эффекта.

### Диагностика тренированности

В результате тренировочных занятий в организме спортсмена формируется особое состояние – эффект тренировки, или тренированность, которая характеризуется определенным уровнем работоспособности.

Для того чтобы программировать поведение спортсмена, необходимо знать, как влияют тренировочные нагрузки на его организм. При этом большое значение имеют данные об уровне функций его организма в различных состояниях. Исследование спортсменов проводят в состоянии покоя, при выполнении стандартной нагрузки и предельной нагрузки.

Показатели тренированности в состоянии покоя. Исследование и сравнение состояния организма в покое у спортсменов и нетренированных людей позволяет выявить изменения, возникающие под воздействием тренировочных занятий во всех тканях и системах организма.

Спортивная тренировка вызывает ряд морфологических изменений. Происходит утолщение костей в местах прикрепления сухожилий мышц, развивающих наибольшие усилия. Вследствие усиления обмена веществ возникает гипертрофия мышц, выражающаяся в увеличении объема мышечных волокон за счет увеличения количества саркоплазмы или миофибрилл, повышаются твердость и упругость мышц. Увеличиваются емкость коронарных сосудов, диаметр отверстий сердца, окружность грудной клетки, бронхиальная проходимость (уменьшение сопротивления движению воздуха при усиленной вентиляции легких).

Наряду с морфологическими изменениями в организме спортсменов отмечаются физиологические изменения: увеличение энергетических ресурсов, запасов белков и углеводов; в мышцах возрастает количество миоглобина. Повышаются количество и активность ферментов, ускоряющих протекание аэробных и анаэробных реакций.

Вегетативные органы у спортсменов в состоянии покоя работают замедленно. Одним из основных признаков тренированности является редкий пульс – брадикардия (40 уд./мин и меньше). У спортсменов частота дыхания реже и легочная вентиляция меньше, чем у нетренированных людей.

Перечисленные изменения показывают, что в состоянии покоя главной особенностью тренированного организма является очень экономное расходование энергетических ресурсов. Это выражается в снижении основного обмена на 10–15 %, в брадикардии, урежении дыхания и снижении легочной вентиляции.

## 7.3. Показатели тренированности

### в состоянии относительного покоя, при выполнении стандартной и предельной нагрузки

Метод оценки тренированности при помощи стандартных нагрузок обладает рядом характерных черт. Он доступен всем испытуемым – как спортсменам, так и неспортсменам, одинаков по форме совершаемого

движения, имеет строго определенные мощность, длительность и ритм. В качестве нагрузок, используют следующие методы: пробу  $PWC_{170}$ , Гарвардский тест, определение МПК и некоторые другие.

Реакции всех функций организма на стандартные нагрузки у тренированных людей по сравнению с нетренированными характеризуются следующими особенностями: 1) у них быстрее повышается уровень всех функций в начале работы; 2) более экономно выполняется работа; 3) быстрее протекают восстановительные процессы.

Главное различие между тренированными и нетренированными людьми при выполнении стандартных нагрузок состоит в том, что величина физиологических изменений у первых меньше, чем у вторых.

Показатели тренированности при предельной работе. Метод исследования тренированности с помощью предельных нагрузок помогает оценить уровень способности спортсмена развивать и поддерживать максимальное усилие. Существуют три варианта таких исследований.

В первом случае регистрируют физиологические изменения при выполнении упражнения непосредственно во время соревнований или в условиях, близких к ним. Этот вариант дает наиболее полное представление о потенциальных возможностях организма. Вместе с тем он сложен организационно и технически и в известной мере отвлекает спортсмена от основной деятельности, т. е. от соревнований, и тем самым может явиться помехой к достижению важного результата.

Можно регистрировать физиологические изменения при развитии максимального усилия спортсменов в лабораторных условиях, что позволяет выявить способность к предельной мобилизации физиологических возможностей организма.

И наконец, третий вариант – регистрируют физиологические изменения, возникающие в организме человека при работе заданной мощности, длящейся неограниченное время. Сигналом к прекращению работы служит прогрессирующее снижение мощности выполняемой работы или скорость передвижения.

Физиологические изменения у тренированных людей при выполнении предельной работы значительно больше, чем у нетренированных. Это объясняется тем, что они выполняют значительно большую мощность работы, требующую большого расхода энергии. Величина почти всех физиологических изменений – минутное потребление кислорода, легочная вентиляция, частота сердечных сокращений, уровень артериального давления, систолический и минутный объемы крови – у тренированных больше, чем у нетренированных.

Предельная работа характеризуется, как правило, высокой интенсивностью аэробных реакций. Несмотря на значительное повышение уровня почти всех вегетативных функций, обеспечивающих выполнение работы, возникает кислородный долг, достигающий 25 л. В результате в организме

накапливаются продукты анаэробного распада, возникает ацидотический сдвиг. У тренированных спортсменов концентрация молочной кислоты в крови может достигать 300 мг%, что вызывает изменение внутренней среды.

Следовательно, признаком тренированности является и способность организма к предельной работе в условиях резко измененной внутренней среды.

Понятие о специфичности состояния тренированности. При оценке уровня тренированности следует учитывать направленность тренировочного процесса. Это обусловлено тем, что конкретная направленность тренировочного процесса оказывает такое же конкретное влияние и на характер морфологических и функциональных изменений в организме спортсмена. В связи с этим рост спортивных результатов в избранном виде спорта не всегда сопровождается повышением функционального уровня всех систем организма.

Условия тренировочного процесса – вид и характер работы, режим деятельности мышц, возможность обеспечения кислородом (аэробные или анаэробные условия работы) – вызывают формирование в организме специфической функциональной системы, направленной на достижение высокого результата в конкретном виде спорта. При этом органы, не участвующие в этой системе, могут функционировать на низком уровне. Это явление представляет своеобразную плату за приспособление к определенной работе («цена адаптации»).

В каждом виде спорта главным являются специфические для него требования. Например, для прыгуна в высоту является техническая подготовка. Для бегуна-стайера главную роль играет состояние систем, обеспечивающих транспорт кислорода, аэробную и анаэробную мощность организма.

Изменение функций организма под влиянием тренировочного процесса оптимально лишь для данного вида спорта. Так, например, при стандартной физической нагрузке минутный объем дыхания (МОД) оказался больше у тех спортсменов, тренировочный процесс которых был направлен на развитие преимущественно силы (47 л) и скорости (37 л). У спортсменов, тренирующихся на выносливость, он оказался самым маленьким – 29 л. Это свидетельствует о повышении эффективности функций в процессе тренировок.

#### 7.4. Характеристика перетренированности и меры ее предупреждения

Перетренированность – это патологическое состояние, характеризующееся снижением спортивной работоспособности и ухудшением нервно-психического и физического состояния спортсмена. Причин, вызывающих возникновение перетренированности, много.

Во-первых, она развивается в результате тренировок с повышенными нагрузками и при применении форсированных тренировок. Тренировка

с повышенными нагрузками – это тренировка с использованием нагрузок, близких к личным рекордам спортсмена.

Форсированная тренировка предполагает выполнение нагрузки, рассчитанной на длительный период, за более короткий период времени. И в том и в другом случае это может явиться причиной возникновения и развития состояния перетренированности.

Во-вторых, причиной перетренированности может перегрузка в тренировочных занятиях, преобладание монотонных, но больших нагрузок.

В-третьих, к возникновению перетренированности приводит нарушение режима работы, отдыха, сна, питания (слишком поздние тренировки, неумение правильно сочетать учебу или работу с тренировочными занятиями, недосыпание, неправильное питание).

В-четвертых, физические и психические травмы могут вызывать состояние перетренированности.

В-пятых, тренировка в болезненном состоянии или при наличии очагов хронической инфекции также способствует возникновению и развитию состояния перетренированности.

Состояние перетренированности связано с расстройством деятельности центральной нервной системы. Сдвигается равновесие между возбуждающим и тормозным процессами, в результате чего нарушается координирующая роль нервной системы. Это приводит к изменению деятельности многих физиологических функций организма.

Ухудшается сократимость сердечной мышцы, учащается (или урежается) ритм сердечных сокращений, повышается артериальное давление. Наблюдается уменьшение ЖЕЛ и максимальной легочной вентиляции. Изменяется химический состав мышц: в них уменьшается содержание аскорбиновой кислоты. Происходит нарушение координации движений. Масса тела уменьшается.

Состояние перетренированности сопровождается нарушениями ночного сна, ухудшением или отсутствием аппетита, быстрым наступлением и развитием утомления. Субъективно у спортсмена пропадает желание тренироваться и выступать в соревнованиях, он становится апатичным и замкнутым.

Особенно ярко все указанные изменения проявляются при выполнении нагрузки. При стандартных нагрузках у спортсменов в состоянии перетренированности резко учащается пульс, может наблюдаться аритмия, повышается артериальное давление крови. Несмотря на повышение легочной вентиляции и увеличение потребления кислорода возникает кислородный долг.

При предельной мышечной работе отрицательные изменения наблюдаются еще более отчетливо. Восстановительный период у спортсменов в состоянии перетренированности удлиняется. Состояние перетренированности отрицательно влияет на уровень спортивных результатов.

Мерой предупреждения возникновения и развития состояния перетренированности является правильная организация тренировочного процесса с обязательным учетом функциональных возможностей организма при дозировании объема и интенсивности нагрузок, соблюдение основных принципов обучения, рациональная организация режима работы, сна, отдыха, питания.

Различают два основных состояния перетренированности – легкое и тяжелое. Для устранения состояния легкой перетренированности нужно снизить объем и интенсивность тренировочных нагрузок. В отдельных случаях следует изменить вид занятий, временно переключить спортсмена на занятия другими упражнениями. Длительность устранения состояния легкой перетренированности при правильно выбранных средствах составляет 15–30 дней.

В случае состояния тяжелой перетренированности необходимо полностью прекратить тренировочные занятия на 2–3 недели, а затем в течение 1–2 месяцев тренироваться с пониженными нагрузками.

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994. – Т. 2. – 413 с.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.

#### Литература дополнительная

1. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физические тренировки / Р. Мохан. – Киев, 2001. – 296 с.
2. Никитюк, Б.А. Интегральные подходы к возрастной и спортивной антропологии / Б.А. Никитюк. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1999. – 124 с.
3. Психомоторная организация человека: учеб. / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
4. Физиология человека: учеб. / под ред. Г.И. Косицкого. – М.: Медицина, 1985. – 560 с.
5. Чусов, Ю.Н. Физиология человека: учеб. / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.
6. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.

## Лекция 8

# РАЗВИВАЮЩАЯ И ОЗДОРОВИТЕЛЬНАЯ РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

### План

- 8.1. Физиологические основы физического воспитания школьников. Половые различия в энергетическом обеспечении мышечной работы.
- 8.2. Физическая культура.
- 8.3. Гипокинезия и предупреждение ее с помощью физических упражнений.
- 8.4. Аэробная производительность, методы ее определения.

#### 8.1. Физиологические основы физического воспитания школьников. Половые различия в энергетическом обеспечении мышечной работы

Самым эффективным средством, способствующим правильному развитию детей, являются занятия физической культурой и спортом. При организации этих занятий нужно строго и постоянно учитывать особенности организма, присущие каждому из возрастных периодов. Систематические занятия спортом – это одно из эффективных средств нормального развития всех функций организма.

Включенное в систему образования и воспитания, начиная с дошкольных учреждений, физическое воспитание характеризует основу физической подготовленности людей – приобретение фонда жизненно важных двигательных умений и навыков, разностороннее развитие физических способностей. Его важными элементами являются «школа» движений, система гимнастических упражнений и правила их выполнения, с помощью которых у ребенка формируются умения дифференцированно управлять движениями, способность координировать их в разных сочетаниях; система упражнений для рационального использования сил при перемещениях в пространстве (основные способы ходьбы, бега, плавания, бега на коньках, на лыжах и др.), при преодолении препятствий, в метаниях, в поднимании и переноске тяжестей; «школа» мяча (игра в волейбол, баскетбол, гандбол, футбол, теннис и др.).

Физическое развитие – это биологический процесс становления изменений естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека (длина, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких, максимальное потребление кислорода, сила, быстрота, выносливость, гибкость, ловкость и др.).

Физическое развитие управляемо. С помощью физических упражнений, различных видов спорта, рационального питания, режима труда и отдыха можно изменять в необходимом направлении приведенные выше показатели физического развития.

В основе управления физическим развитием лежит биологический закон упражняемости и закон единства форм и функций организма. Между тем физическое развитие обусловлено и законами наследственности, которые необходимо учитывать как факторы, благоприятствующие или наоборот препятствующие физическому совершенствованию человека.

Процесс физического развития подчиняется также закону возрастной ступенчатости. Поэтому вмешиваться в этот процесс с целью управления им можно только с учетом особенностей и возможностей организма в различные возрастные периоды: становление роста, наивысшего развития форм и функций, старения. Кроме того, физическое развитие связано с законом единства организма и среды и зависит от условий жизни человека, в том числе и географической среды. Поэтому при выборе средств и методов физического воспитания необходимо учитывать влияние указанных законов. Физическое развитие тесно связано со здоровьем человека.

Здоровье выступает как ведущий фактор, который определяет не только гармоничное развитие молодого человека, но и успешность освоения профессии, плодотворность его будущей профессиональной деятельности, что составляет общее жизненное благополучие.

Имеются некоторые половые различия в энергетическом обеспечении мышечной работы. В крови мужчин на 20 % больше эритроцитов (клеток, несущих кислород тканям). Это означает, что у них интенсивнее обмен веществ, и они обладают большей энергией. Особенности энергетического обмена таковы, что даже сидя и отдыхая, мужчина расходует больше калорий, чем женщина.

При нагрузках же количество энергетических трат возрастает существенно, и мужчина быстрее теряет силы. С годами мужчины также интенсивнее теряют способность к физическим нагрузкам. Каждые десять лет у женщины снижается переносимость нагрузки на 2 %, а у мужчины – на 10 %, так что 60-летняя женщина способна переносить 90 % нагрузки, которую она осиливала в 20 лет, а мужчина – только 60 %.

## 8.2. Физическая культура

Физическая культура – органическая часть общечеловеческой культуры, ее особая самостоятельная область. Вместе с тем это специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности.

Физическая культура воздействует на жизненно важные стороны индивида, полученные в виде задатков, которые передаются генетически и развиваются в процессе жизни под влиянием воспитания, деятельности и окружающей среды.

Физическая культура удовлетворяет социальные процессы потребности в общении, игре, развлечении, в некоторых формах самовыражения личности через социально активную полезную деятельность.

В своей основе физическая культура имеет целесообразную двигательную деятельность в форме физических упражнений, позволяющих эффективно формировать необходимые умения и навыки, физические способности, оптимизировать состояние здоровья и работоспособность.

Физическая культура представлена совокупностью материальных и духовных ценностей. К первым относятся спортивные сооружения, инвентарь, специальное оборудование, спортивная экипировка, медицинское обеспечение. Ко вторым можно отнести информацию, производство искусства, разнообразные виды спорта, игры, комплексы физических упражнений, этические нормы, регулирующие поведение человека в процессе физкультурно-спортивной деятельности, и др.

В развитых формах физическая культура продуцирует эстетические ценности (физкультурные парады, спортивно-показательные выступления и др.). Результатом деятельности в физической культуре является физическая подготовленность и степень совершенствования двигательных умений и навыков, высокий уровень развития жизненных сил, спортивные достижения, нравственное, эстетическое, интеллектуальное развитие.

### 8.3. Гипокинезия и предупреждение ее с помощью физических упражнений

Двигательная активность – естественная и специально организованная двигательная деятельность человека, обеспечивающая его успешное физическое и психическое развитие.

Гипокинезия (греч. *hupo* – понижение, уменьшение, недостаточность; *kinesis* – движение) – особое состояние организма, обусловленное недостаточностью двигательной активности. В ряде случаев это состояние приводит к гиподинамии.

Гиподинамия (греч. *hupo* – понижение; *dynamis* – сила) – совокупность отрицательных морфофункциональных изменений в организме вследствие длительной гипокинезии. Это атрофические изменения в мышцах, общая физическая детренированность, детренированность сердечно-сосудистой системы, понижение ортостатической устойчивости, изменение водно-солевого баланса, системы крови, деминерализации костей и т. д.

В конечном счете, снижается функциональная активность органов и систем, нарушается деятельность регуляторных механизмов, обеспечивающих их взаимосвязь, ухудшается устойчивость к различным неблагоприятным факторам; уменьшается интенсивность и объем афферентной информации, связанной с мышечными сокращениями, нарушается координация движений, снижается тонус мышц (тургор), падает выносливость и силовые показатели.

Наиболее устойчивы к развитию гиподинамических признаков мышцы антигравитационного характера (шеи, спины). Мышцы живота атрофиру-



ются сравнительно быстро, что неблагоприятно сказывается на функции органов кровообращения, дыхания, пищеварения.

В условиях гиподинамии снижается сила сердечных сокращений в связи с уменьшением венозного возврата в предсердия, сокращаются минутный объем, масса сердца и его энергетический потенциал, ослабляется сердечная мышца, снижается количество циркулирующей крови в связи с застаиванием ее в депо и капиллярах.

Тонус артериальных и венозных сосудов ослабляется, падает кровяное давление, ухудшаются снабжение тканей кислородом (гипоксия) и интенсивность обменных процессов (нарушения в балансе белков, жиров, углеводов, воды и солей). Уменьшается жизненная емкость легких и легочная вентиляция, интенсивность газообмена. Все это сопровождается ослаблением взаимосвязи двигательных и вегетативных функций, неадекватностью нервно-мышечных напряжений.

Таким образом, при гиподинамии в организме создается ситуация, чреватая «аварийными» последствиями для его жизнедеятельности. Отсутствие необходимых систематических занятий физическими упражнениями связано с негативными изменениями в деятельности высших отделов головного мозга, его подкорковых структурах и образованиях, снижением защитных сил организма и появлением повышенной утомляемости, нарушением сна, снижением способности поддерживать высокую умственную или физическую работоспособность.

Работоспособность – потенциальная возможность человека выполнить целесообразную, мотивированную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени. Зависит от внешних условий деятельности и психофизиологических резервов человека. Может рассматриваться как максимальная, оптимальная, сниженная.

#### 8.4. Аэробная производительность, методы ее определения

Аэробные возможности человека определяются, прежде всего, максимально возможной для него скоростью потребления кислорода. Чем она больше, тем большую мощность работы может выполнять спортсмен в аэробных условиях. Чем длительнее по времени эта работа, тем выше его спортивный результат. Максимальное потребление кислорода у лиц, тренирующих выносливость, значительно выше, чем у не спортсменов того же возраста и пола.

Так, например, если у нетренированных мужчин 20–29 лет максимальное потребление кислорода составляет 2,5–3,5 л/мин (или 40–50 мл/мин/кг), то у бегунов-стайеров и лыжников высокой квалификации она достигает 5–6 л/мин (или 75–80 мл/мин/кг). У нетренированных женщин максимальное потребление кислорода равно 1,5–2,5 л/мин (или 30–40 мл/мин/кг), а у спортсменок лыжниц около 4 л/мин (или более 70 мл/мин/кг).

Выделяют абсолютные показатели максимального потребления кислорода (л/мин) и относительные, т. е. максимальное потребление кислорода, отнесенное к единице массы тела (мл/мин/кг). Абсолютные показатели максимального потребления кислорода находятся в прямой зависимости от размеров тела. Они наибольшие у гребцов, пловцов, конькобежцев, велосипедистов. В этих видах спорта абсолютные величины максимального потребления кислорода имеют наибольшее значение для оценки состояния тренированности.

Относительные показатели максимального потребления кислорода у высококвалифицированных спортсменов находятся в обратной зависимости от массы тела. Наибольшие величины относительных показателей характерны для лыжников и бегунов на длинные дистанции, наименьшие - для гребцов. У спортсменов, специализирующихся в беге на длинные дистанции, в спортивной ходьбе, ориентировании, лыжных гонках, максимальные аэробные возможности и состояние тренированности оцениваются по относительным величинам максимального потребления кислорода.

Уровень максимального потребления кислорода зависит от максимальных возможностей: 1) системы доставки кислорода к работающим мышцам и другим усиленно функционирующим органам; 2) системы потребления кислорода, включающей, в основном, работающие мышечные клетки.

Предельные возможности организма доставлять кислород к усиленно функционирующим органам и тканям определяются системами внешнего дыхания и крови, а также сердечно-сосудистой системой.

Внешнее дыхание. У спортсменов, тренирующих выносливость, максимальные величины легочной вентиляции при работе значительно больше, чем у нетренированных лиц. У бегунов-стайеров во время бега на длинные дистанции легочная вентиляция длительное время поддерживается на уровне 120–140 л/мин.

У нетренированных людей ее максимальные величины обычно не превышают 70–100 л/мин. Поскольку частота дыхания по мере тренировки не возрастает, прирост легочной вентиляции достигается лишь увеличением дыхательного объема. Значительное возрастание максимально возможных величин дыхательного объема у спортсменов происходит вследствие повышения на 15–25 % легочных объемов и емкостей и, следовательно, жизненной емкости легких, которая у гребцов, например, достигает 8–9 л.

Другим результатом тренировки внешнего дыхания является повышение эффективности легочной вентиляции. Об этом свидетельствует увеличение вентиляционного эквивалента кислорода, т. е. объема дыхания, затрачиваемого на один литр использованного кислорода.

В процессе тренировки значительно возрастает диффузионная способность легких, как в покое, так и при физических нагрузках. У бегунов-марафонцев, например, она даже в покое почти не отличается по величине от диффузионной способности легких при максимальной работе у нетре-

нированных лиц. В результате тренировки повышается вентиляционный анаэробный порог, т. е. мощность работы, начиная с которой легочная вентиляция растет быстрее, чем интенсивность нагрузки. Так, у нетренированных людей вентиляционный анаэробный порог соответствует мощности нагрузки в пределах 50–60 %, а у хорошо тренированных спортсменов – 80–85 % от максимального потребления кислорода.

Итак, главный эффект тренировки выносливости в отношении функций внешнего дыхания состоит в увеличении предельных величин рабочей и произвольной легочной вентиляции вследствие возрастания легочных объемов и емкостей в повышении эффективности легочной вентиляции и увеличении диффузионной способности легких.

Система крови. Транспорт кислорода и аэробная выносливость человека зависят от объема крови и содержания в ней эритроцитов и гемоглобина. При тренировке выносливости объема крови у спортсмена значительно возрастает. С учетом массы тела у бегунов-стайеров, лыжников

#### Литература обязательная

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре/ В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994. – Т. 2. – 413 с.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А. С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.

#### Литература дополнительная:

1. Психомоторная организация человека: учеб. / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
2. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.
3. Чусов, Ю.Н. Физиология человека: учеб. / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Обязательная литература

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре / В.И. Дубровский. – М.: Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных: учеб.: в 2 т. / под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высш. шк., 1991. – Т. 1. – 567 с.
3. Основы физиологии человека: учеб.: в 2 т. / под ред. Б.И. Ткаченко. – СПб., 1994.
4. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А. С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
5. Физиология человека: учеб.: в 3 т.: пер. с англ. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. – Т. 1. – 323 с.

### Дополнительная литература

1. Биохимия мышечной деятельности. – Киев: Наука, 2000. – 502 с.
2. Гуминский, А.А. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии: учеб. пособие для студентов биол. специальностей пед. ин-тов / А.А. Гуминский, Н.Н. Леонтьева, К.В. Маринова. – М.: Просвещение, 1990. – 239 с.
3. Залмаев, Б. К тайнам движения: (о мышцах) / Б. Залмаев // Совет. спорт. – 1987. – 8 февр.
4. Марков, Л. Мышцы: чудо из чудес / Л. Марков // Совет. спорт. – 1988. – 20 марта.
5. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физические тренировки / Р. Мохан. – Киев: Наука, 2001. – 296 с.
6. Никитюк, Б.А. Интегральные подходы к возрастной и спортивной антропологии / Б.А. Никитюк. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1999. – 124 с.
7. Психомоторная организация человека / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
8. Физиология человека: учеб. / под ред. Г.И. Косицкого. – М.: Медицина, 1985. – 560 с.
9. Чусов, Ю.Н. Физиология человека / Ю.Н. Чусов. – М.: Просвещение, 1981. – 240 с.
10. Физическая культура студента: учеб. / под ред. В.И. Ильинича. – М.: Гардарики, 2003. – 448 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Лекция 1. ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	3
1.1. Виды и свойства мышечной ткани .....	3
1.2. Структурные основы сокращения мышц. Современные представления о механизмах мышечного сокращения .....	5
1.3. Химизм и энергетика мышечного сокращения .....	7
1.4. Особенности гладкой и сердечной мышечной ткани .....	9
1.5. Двигательная единица .....	13
1.6. Формы и типы мышечного сокращения .....	15
Лекция 2. ПРОИЗВОЛЬНАЯ МЫШЕЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ .....	17
2.1. Физические упражнения – как произвольные движения (И.М. Сеченов, И.П. Павлов). Кольцевой принцип управления движениями (Н.А. Бернштейн) .....	17
2.2. Управление произвольными движениями .....	19
2.3. Особенности системных механизмов управления движениями. Роль афферентного синтеза и акцептора результатов действия в формировании двигательного навыка .....	21
2.4. Безусловные тонические рефлексy в произвольных движениях .....	22
2.5. Позы и статическое напряжение. Феномен статического напряжения. Причины кратковременности работы и быстроты наступления развития утомления .....	23
2.6. Изменение с возрастом сенсомоторных реакций у детей. Появление движений во внутриутробном периоде. Появление двигательных рефлексов у новорожденных .....	24
2.7. Механизмы координации движений. Физиологическая сущность координации .....	30
2.8. Классификация физических упражнений .....	32
Лекция 3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	35
3.1. Фазы физиологических состояний организма при спортивной деятельности .....	35
3.2. Состояние организма в предстартовую фазу и фазу разминки .....	35
3.3. Состояние организма в фазу вработывания .....	37
3.4. Состояние организма в фазу устойчивого состояния .....	38
3.5. Утомление и восстановление организма .....	38
Лекция 4. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ .....	41
4.1. Фазы формирования двигательного навыка. Двигательная память и автоматизация движений. Значение формирования динамического стереотипа и экстраполяции в спортивных двигательных навыках .....	41

4.2. Гетерохронность развития движений у детей. Возрастные особенности развития двигательных навыков. Роль физических упражнений в развитии двигательной функции у детей разного школьного возраста .....	43
<b>Лекция 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ .....</b>	<b>46</b>
5.1. Физиология развития физических качеств. Анатомо-физиологические основы развития максимальной силы (МС). Произвольная сила мышц (МПС) и силовой дефицит. Факторы, определяющие развитие МС и МПС .....	46
5.2. Рабочая гипертрофия мышц и ее виды. Роль стероидных гормонов в развитии статической и динамической силы .....	48
5.3. Физиологические основы развития скоростно-силовых качеств (силовой и скоростной компонент мощности) .....	49
5.4. Физиологические основы развития выносливости. Специфичность выносливости и ее виды. Показатели и критерии выносливости .....	50
<b>Лекция 6. АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И РЕЗЕРВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА .....</b>	<b>52</b>
6.1. Понятие адаптации к различным факторам среды .....	52
6.2. Физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам .....	53
6.3. Виды адаптации. Типы индивидуальной адаптации .....	55
6.4. Роль эндокринной системы в адаптации к физическим нагрузкам. Адаптация кардиореспираторной системы. Адаптация опорно-двигательного аппарата .....	57
<b>Лекция 7. ТРЕНИРОВАННОСТЬ – СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ФОРМА АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ .....</b>	<b>63</b>
7.1. Физиологические механизмы развития тренированности. Генетические основы тренируемости. Тренированность и спортивная форма .....	63
7.2. Два основных тренировочных эффекта. Диагностика тренированности ....	64
7.3. Показатели тренированности в состоянии относительного покоя, при выполнении стандартной и предельной нагрузки .....	64
7.4. Характеристика перетренированности и меры ее предупреждения .....	66
<b>Лекция 8. РАЗВИВАЮЩАЯ И ОЗДОРОВИТЕЛЬНАЯ РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ .....</b>	<b>69</b>
8.1. Физиологические основы физического воспитания школьников. Половые различия в энергетическом обеспечении мышечной работы .....	69
8.2. Физическая культура .....	70
8.3. Гипокинезия и предупреждение ее с помощью физических упражнений .....	71
8.4. Аэробная производительность, методы ее определения .....	72
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>75</b>

*Учебное издание*

**Корольков Владимир Владимирович**

**ФИЗИОЛОГИЯ  
ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ  
И СПОРТА**

Курс лекций

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 24.06.2014. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 4,65. Тираж 500 экз. Заказ 204/344.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.  
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.