

# ФИЗИОЛОГИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И СПОРТА

## Часть 1

### Лекция №1,2 (4 часа)

#### Сердечно-сосудистая система и система крови

##### План лекции:

- 1.1 Частота сердечных сокращений, артериальное давление, ударный объем сердца, минутный объем сердца при физических нагрузках.
- 1.2 Внутрисердечная гемодинамика, сила сокращения миокарда, сердечный выброс и распределение крови при физических нагрузках.
- 1.3 Тестирование физической работоспособности.

Кровообращение - один из важнейших физиологических процессов, поддерживающих гомеостаз, обеспечивающих непрерывную доставку всем органам и клеткам организма необходимых для жизни питательных веществ и кислорода, удаление углекислого газа и других продуктов обмена, процессы иммунологической защиты и гуморальной регуляции физиологических функций.

#### ЧАСТОТА СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ (ЧСС)

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

У спортсменов ЧСС в покое ниже, чем у нетренированных людей, и составляет 50-55 в минуту. У спортсменов экстракласса (лыжники-гонщики, велогонщики, марафонцы-бегуны и др.) ЧСС составляет 30-35 в минуту. Физическая нагрузка приводит к увеличению ЧСС, необходимой для обеспечения возрастания минутного объема сердца, причем существует ряд закономерностей, позволяющих использовать этот показатель как один из важнейших при проведении нагрузочных тестов.

Отмечается линейная зависимость между ЧСС и интенсивностью работы в пределах 50-90% переносимости максимальных нагрузок. При легкой физической нагрузке ЧСС сначала значительно увеличивается, затем постепенно снижается до уровня, который сохраняется в течение всего периода стабильной работы. При более интенсивных и длительных нагрузках имеется тенденция к увеличению ЧСС, причем при максимальной работе она нарастает до предельно достижимой. ЧСС увеличивается пропорционально величине мышечной работы. Обычно при уровне нагрузки 1000 кг/мин ЧСС достигает 160-170 в минуту, по мере дальнейшего повышения нагрузки сердечные сокращения ускоряются более умеренно и постепенно достигают максимальной величины - 170-200 в минуту. Дальнейшее повышение нагрузки уже не сопровождается увеличением ЧСС.

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

## АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

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

Колебания кровяного давления обусловлены пульсирующим характером кровотока и высокой эластичностью и растяжимостью кровеносных сосудов. Скорость распространения пульсовой волны зависит от размера и упругости сосуда. В аорте она составляет 3-5 м/с, в средних артериях (подключичной и бедренной) - 7-9 м/с, в мелких артериях конечностей - 15-40 м/с.

*Среднее артериальное давление* - один из самых важных параметров гемодинамики:

$$\text{САД} = \text{АД}_{\text{диаст.}} + (\text{АД}_{\text{пульсовое}}) / 2.$$

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

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

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

У страдающих ожирением АД выше, чем у людей с нормальной массой тела. При физической нагрузке систолическое и диастолическое АД, сердечный выброс и частота

сердечных сокращений повышаются, равно как и при ходьбе в умеренном темпе. При курении систолическое давление может возрасти на 10-20 мм рт. ст. В покое и во время сна АД существенно снижается, особенно если оно было повышенным.

Артериальное давление повышается у спортсменов перед стартом, иногда даже за несколько дней до соревнований.

На артериальное давление влияют главным образом три фактора: а) частота сердечных сокращений (ЧСС); б) изменение периферического сопротивления сосудистого русла и в) изменение ударного объема или сердечного выброса крови.

### УДАРНЫЙ ОБЪЕМ СЕРДЦА (УОС)

При переходе от состояния покоя к нагрузке УОС быстро увеличивается и достигает стабильного уровня во время интенсивной ритмичной работы длительностью 5-10 минут. Максимальная величина ударного объема сердца наблюдается при ЧСС 130 в минуту. В дальнейшем с увеличением нагрузки скорость прироста ударного объема крови резко уменьшается.

При мощности работы, превышающей 1000 кгм/мин, составляет лишь 2-3 мл крови на каждые 100 кгм/мин увеличения нагрузки. При длительных и нарастающих нагрузках ударный объем уже не увеличивается, но даже несколько уменьшается. Поддержание необходимого уровня кровообращения обеспечивается большей частотой сердечных сокращений. Сердечный выброс увеличивается главным образом за счет более полного опорожнения желудочков, т. е. путем использования резервного объема крови.

### МИНУТНЫЙ ОБЪЕМ СЕРДЦА (МОС)

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

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

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

При интенсивной нагрузке минутный объем сердца может возрасти в 6 раз по сравнению с состоянием покоя, коэффициент утилизации кислорода - в 3 раза. В результате доставка  $O_2$  к тканям увеличивается приблизительно в 18 раз, что позволяет при интенсивных нагрузках у тренированных лиц достичь возрастания метаболизма в 15-20 раз по сравнению с уровнем основного обмена.

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

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

МОС зависит и от вида физических нагрузок. Например, при максимальной работе руками МОС составляет лишь 80% от значений, получаемых при максимальной работе ногами в положении сидя.

### СОСУДИСТОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Под влиянием физических нагрузок существенно изменяется сосудистое сопротивление. Увеличение мышечной активности приводит к усилению кровотока через сокращающиеся мышцы, при чем местный кровоток увеличивается в 12-15 раз по сравнению с нормой. Одним из важнейших факторов, способствующих усилению кровотока при мышечной работе, является резкое уменьшение сопротивления в сосудах, что приводит к значительному снижению общего периферического сопротивления. Снижение сопротивления начинается через 5-10 с после начала сокращения мышц и достигает максимума через 1 мин или позже. Это связано с рефлекторным расширением сосудов, недостатком кислорода в клетках стенок сосудов работающих мышц (гипоксия). Во время работы мышцы поглощают кислород быстрее, чем в спокойном состоянии.

Величина периферического сопротивления различна на разных участках сосудистого русла. Это обусловлено, прежде всего, изменением диаметра сосудов при разветвлении и связанными с ним изменениями характера движения и свойств движущейся по ним крови (скорость кровотока, вязкость крови и др.). Основное сопротивление сосудистой системы сосредоточено в ее прекапиллярной части - в мелких артериях и артериолах: 70-80% общего падения давления крови при движении ее от левого желудочка до правого предсердия приходится на этот участок артериального русла. Эти сосуды называются поэтому сосудами сопротивления или резистивными сосудами.

Кровь, представляющая собой взвесь форменных элементов в коллоидно-солевом растворе, обладает определенной вязкостью. Выявлено, что относительная вязкость крови уменьшается с увеличением скорости ее течения, что связывают с центральным расположением эритроцитов в потоке и их агрегацией при движении

Замечено также, что чем менее эластична артериальная стенка (т. е. чем труднее она растягивается, например, при атеросклерозе), тем большее сопротивление приходится преодолевать сердцу для проталкивания каждой новой порции крови в артериальную систему и тем выше поднимается давление в артериях при систоле.

### РЕГИОНАЛЬНЫЙ КРОВОТОК

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

перераспределение регионального кровотока. В табл. 1 и на рис. 1 представлены данные о распределении кровотока в покое и во время физических нагрузок различной величины.

Таблица 1

Показатели кровотока в покое и при физических нагрузках различной интенсивности (по К. Andersen, 1968)

Кровообращение	Покой		Физическая нагрузка					
	мл/мин	%	легкая		средняя		максимальная	
			мл/мин	%	мл/мин	%	мл/мин	%
<b>Органы брюшной полости</b>	<b>1400</b>	<b>24</b>	<b>1100</b>	<b>12</b>	<b>600</b>	<b>3</b>	<b>300</b>	<b>1</b>
<b>Почки</b>	<b>1100</b>	<b>19</b>	<b>900</b>	<b>10</b>	<b>600</b>	<b>3</b>	<b>250</b>	<b>1</b>
<b>Мозг</b>	<b>750</b>	<b>13</b>	<b>750</b>	<b>8</b>	<b>750</b>	<b>4</b>	<b>750</b>	<b>3</b>
<b>Коронарные сосуды</b>	<b>250</b>	<b>4</b>	<b>350</b>	<b>4</b>	<b>750</b>	<b>4</b>	<b>1000</b>	<b>4</b>
<b>Скелетные мышцы</b>	<b>1200</b>	<b>21</b>	<b>4500</b>	<b>47</b>	<b>12 500</b>	<b>71</b>	<b>22 000</b>	<b>88</b>
<b>Кожа</b>	<b>500</b>	<b>9</b>	<b>1500</b>	<b>15</b>	<b>1900</b>	<b>12</b>	<b>600</b>	<b>2</b>
<b>Другие органы</b>	<b>600</b>	<b>10</b>	<b>400</b>	<b>4</b>	<b>400</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>1</b>
<b>Всего</b>	<b>5800</b>	<b>100</b>	<b>9500</b>	<b>100</b>	<b>17 500</b>	<b>100</b>	<b>25 000</b>	<b>100</b>

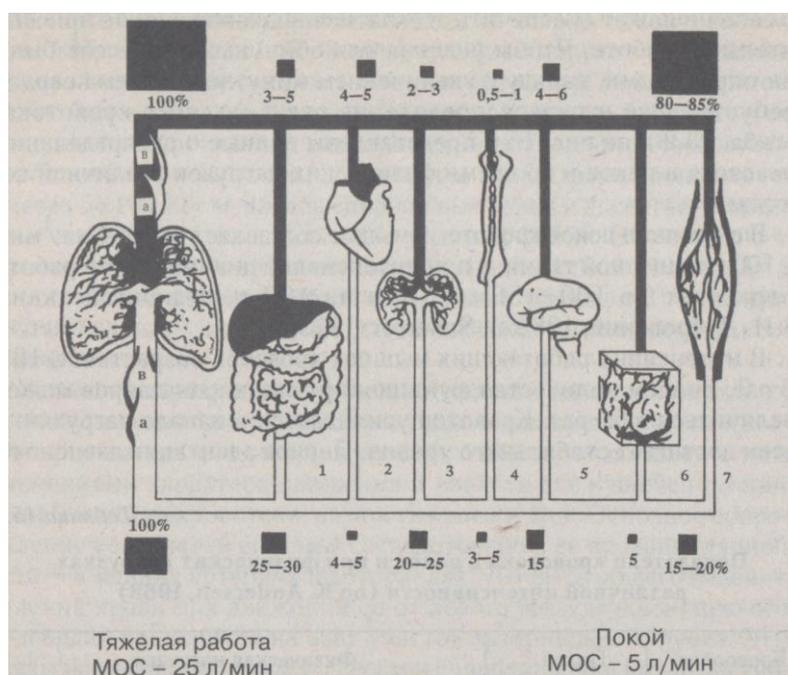


Рисунок – 1 Распределение кровотока в органах и тканях в покое и при физической нагрузке (по Р. -О. Astrand, К. Rodahl, 1970).

В состоянии покоя кровоток в мышце составляет около 4 мл/мин на 100 грамм мышечной ткани. При интенсивной динамической работе возрастает до 100-150 мл/мин на 100 г мышечной ткани.

В интенсивно работающих мышцах кровоток возрастает в 15-20 раз, причем количество функционирующих капилляров может увеличиться в 50 раз. Кровоток усиливается в начале нагрузки, а затем достигает стабильного уровня. Период адаптации зависит от интенсивности нагрузки и обычно длится от 1 до 3 минуты. Хотя скорость кровотока в работающих мышцах увеличивается в 20 раз, аэробный обмен может возрастать в 100 раз за счет повышения утилизации  $O_2$  с 20-25 до 80%. Удельный вес кровотока в мышцах может возрасти с 21 % в покое до 88% при максимальных нагрузках.

Во время физической нагрузки кровообращение перестраивается в режим максимального удовлетворения потребностей в кислороде работающих мышц, но если количество получаемого работающей мышцей кислорода меньше требуемого, то обменные процессы в ней протекают частично анаэробно. В результате возникает кислородный долг, который возмещается уже после окончания работы. Известно, что анаэробные процессы в 2 раза менее эффективны, чем аэробные.

Кровообращение каждой сосудистой области имеет свою специфику. Остановимся на коронарном кровообращении, которое существенно отличается от других видов кровотока. Одной из его особенностей является сильно развитая сеть капилляров. Их число в сердечной мышце на единицу объема превышает в 2 раза количество капилляров, приходящихся на такой же объем скелетной мышцы. При рабочей гипертрофии число сердечных капилляров еще более возрастает. Столь обильным кровоснабжением частично объясняется способность сердца извлекать из крови кислорода больше, чем другие органы.

Резервные возможности кровообращения миокарда этим не исчерпываются. Известно, что в скелетной мышце в состоянии покоя функционируют далеко не все капилляры, тогда как число раскрытых капилляров составляет 70% в эпикарде, а 90% в эндокарде. Тем не менее, при возросшей потребности миокарда в кислороде (скажем, при физической нагрузке) эта потребность удовлетворяется в основном за счет усиления коронарного кровотока, а не лучшей утилизации кислорода. Усиление коронарного кровотока обеспечивается увеличением емкости коронарного русла в результате снижения тонуса сосудов. В обычных условиях тонус коронарных сосудов высок, при его снижении емкость сосудов может возрасти в 7 раз.

Коронарный кровоток во время физической нагрузки возрастает пропорционально увеличению минутного объема сердца (МОС). В покое он составляет около 60-70 мл/мин на 100 г миокарда, при нагрузке может усиливаться более чем в 5 раз. Даже в покое утилизация кислорода миокардом очень велика (70-80%) и любое повышение потребности в кислороде, возникающее при физических нагрузках, может обеспечиваться только увеличением коронарного кровотока.

Легочный кровоток во время физической нагрузки значительно возрастает, и происходит перераспределение крови. Содержание крови в легочных капиллярах повышается с 60 мл в покое до 95 мл при напряженной нагрузке, а в целом в системе легочных сосудов - с 350-800 мл до 1400 мл и более.

При интенсивных физических нагрузках площадь поперечного сечения легочных капилляров увеличивается в 2-3 раза, и скорость прохождения крови через капиллярное ложе легких возрастает в 2-2,5 раза.

Установлено, что в покое часть капилляров в легких не функционирует. Изменение кровотока во внутренних органах играет важнейшую роль в перераспределении регионарного кровообращения и улучшении кровоснабжения

работающих мышц при значительных физических нагрузках. В покое кровообращение во внутренних органах (печень, почки, селезенка, пищеварительный аппарат) составляет около 2,5 л/мин, т. е. около 50% минутного объема сердца. По мере увеличения нагрузок величина кровотока в этих органах постепенно уменьшается, и его показатели при максимальной физической нагрузке могут свестись к 3-4% минутного объема сердца. Например, печеночный кровоток при тяжелой физической нагрузке снижается на 80%. В почках во время мышечной работы кровотоки уменьшаются на 30-50%, причем это уменьшение пропорционально интенсивности нагрузки, а в отдельные периоды очень кратковременной интенсивной работы почечный кровоток может даже прекратиться. Уменьшение кровотока во внутренних органах является важным фактором, регулирующим гемодинамику при физических нагрузках и, в частности, оптимальное кровоснабжение работающих мышц, сердца и легких, а также регулирование повышенной теплоотдачи, особенно при тренировках в зонах жаркого и влажного климата.

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

#### ГАЗЫ И pH КРОВИ, ГЕМАТОКРИТ

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

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

Под влиянием мышечной работы возрастает гематокрит (Hct), в результате чего увеличивается способность артериальной крови транспортировать кислород. Увеличение кислородной емкости артериальной крови при переходе из состояния покоя к физической нагрузке в среднем составляет 1,3 мл на 100 мл.

Общее количество гемоглобина зависит от его концентрации и общего объема крови. Последний связан с размерами тела и в большой степени зависит от физической активности (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, одним из механизмов адаптации системы транспортировки кислорода при повышенной физической активности является увеличение объема крови и общего количества гемоглобина. Если общее количество гемоглобина у взрослых мужчин при концентрации его 158 г/л в объеме крови 5180 мл составляет около 820 г, то бегун-стайер при такой же концентрации гемоглобина будет иметь его общее количество 924,3 г. Общее количество кислорода, связанного кровью, у них будет приблизительно 1100 и 1240 мл соответственно.

Таблица 2 – Объем крови у лиц с различной физической активностью (по Sjostrand, 1967)

Обследование	Число обследованных	Средний возраст, лет	Объем крови, мл	Объем крови, мл/кг	Объем крови, л/м <sup>2</sup>
Мужчины и женщины, перемещающиеся на коляске	15	24	3100	61	1,90
Дети	16	10	2520	73	1,75
Слепые женщины	13	27	3780	67	2,36
Женщины	15	28	4160	73	2,53
Мужчины	17	28	5180	74	2,92
Спортсмены: борцы и тяжелоатлеты	48	26	5380	73	3,10
велогонщики	10	21	5580	79	3,18
бегуны (стайеры)	28	26	5850	88	3,28

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

Наряду с благоприятным влиянием на гемодинамику возрастание гематокрита (Hct) при физической нагрузке имеет и отрицательное значение, так как повышение концентрации эритроцитов приводит к увеличению вязкости крови, что затрудняет кровоток и ускоряет время свертывания. В этой связи при тренировках, и особенно во время соревнований, при посещении сауны (бани) показан прием жидкости (питье), лучше напитков, содержащих микроэлементы, соли, витамины.

### ВНУТРИСЕРДЕЧНАЯ ГЕМОДИНАМИКА

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

### СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ

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

### СИЛА СОКРАЩЕНИЯ МИОКАРДА

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

## СОКРАТИМОСТЬ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ

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

*Масса и размеры* сердца человека в значительной степени зависят от его мышечной деятельности и состояния здоровья. Впервые увеличение размеров сердца у спортсменов отметил S.W. Henschen (1899). Он расценил этот факт как свидетельство неблагоприятного влияния спорта. Он ввел термин «спортивное сердце» для обозначения патологических процессов в миокарде, развивающихся под влиянием физических упражнений. Однако позднее было доказано, что увеличение сердца под воздействием систематических тренировок (спортивная гипертрофия) необходимо для обеспечения высокой работоспособности.

В результате исследований и наблюдений было установлено, что под влиянием систематических физических нагрузок происходит умеренное расширение полостей желудочков. Увеличение размеров сердца и компенсаторная гипертрофия - обратимые явления, но при условии, что спортсмен, тренируясь, не перенес инфекционного заболевания, т. е. тренировался здоровым. После прекращения систематических тренировок объем сердца постепенно уменьшается.

Наиболее выражено увеличение абсолютных размеров сердца при тренировке на выносливость. У физически малоактивных людей абсолютная величина объема сердца  $740 \text{ см}^3$ , у спортсменов -  $1010 \text{ см}^3$ . Примерно такая же разница (в среднем на 125 г) отмечена и в массе сердца.

У бегунов на средние и длинные дистанции МОК в покое составляет в среднем 2,74 л/мин, у нетренированных лиц - 4,8 л/мин. У нетренированных лиц объем циркулирующей крови (ОЦК) меньше, чем у спортсменов.

Определение минутного объема сердца (МОС) посредством сердечного индекса ( $\text{л/м}^2$  поверхности тела) в минуту означает, что эта величина пропорциональна площади поверхности тела. Сердечный индекс используют для отличия нормальных величин от патологических. Значение сердечного индекса у здоровых людей в расслабленном состоянии находится в пределах 3-4  $\text{л/м}^2/\text{мин}$  (верхней и нижней границами нормы считаются 2,5 и 4,5  $\text{л/м}^2/\text{мин}$ ).

В таблице 3 представлено примерное распределение минутного объема левого желудочка у здорового человека в покое в горизонтальном положении.

При дыхании 100%-ным кислородом парциальное давление кислорода в артерии ( $pO_2$ ) увеличивается примерно до 500 мм рт. ст., и приблизительно 1,5 мл кислорода в растворенном состоянии переносится плазмой. Поскольку этот кислород тут же поступает в ткани, из гемоглобина извлекается меньше кислорода, и артерио-венозная разница в насыщении кислородом уменьшается (табл. 4).

Таблица 3 – Распределение кровотока и насыщения крови кислородом у здорового человека (вес 70 кг, поверхность тела 1,7 м<sup>2</sup>) в покое в благоприятной окружающей обстановке (по O. Wade, J. Bishop, 1962)

Кровообращение	Кровоток (мл/мин)	Процент к общему кровотоку	Артерио-венозная разница по O <sub>2</sub> , мл/ 100 мл	Насыщение O <sub>2</sub> , мл/мин	Процент к общему насыщению
Внутренности	1400	24	4,1	58	25
Почки	1100	19	1,3	16	7
Мозг	750	13	6,3	46	20
Коронарные артерии	250	4	11,4	27	11
Скелетные мышцы	1200	21	8,0	70	30
Кожа	500	9	1,0	5	2
Другие ткани	600	10	3,0	12	5
Всего:	5800	100	35,1	234	100

Таблица 4 – Содержание кислорода и процентное насыщение кислородом артериальной и смешанной венозной крови у здорового человека в покое в положении лежа во время дыхания комнатным воздухом и 100%-ным кислородом (содержание гемоглобина в 100 мл крови -15 г) (по R. Marshall, J.T. Shepherd, 1968)

Условия	Пробы крови	Насыщение гемоглобина (%)	O <sub>2</sub> , связанный с гемоглобином (мл на 100 мл крови)	O <sub>2</sub> в растворе (мл на 100 мл крови)	Общее содержание O <sub>2</sub> (мл на 100 мл крови)
Дыхание комнатным воздухом	Артериальная	97	19,4	0,3	19,7
	Смешанная	79	15,8	0,1	15,9
	венозная Разница	16	3,6	0,2	3,8
Дыхание 100%-ным кислородом	Артериальная	100	20,0	1,6	21,6
	Смешанная	88	17,6	0,2	17,8
	венозная Разница	12	2,4	1,4	3,8

### СЕРДЕЧНЫЙ ВЫБРОС И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРОВИ

Около 80-85% общего объема циркулирующей крови находится в большом круге кровообращения, остальная часть - в малом (легочном).

Сердечный выброс (СВ) - это общее количество крови, выбрасываемой сердцем в единицу времени. Обычно выброс оценивают за 1 мин (минутный объем). Объем крови, выбрасываемый за одно сокращение, называется ударным объемом. Минутный объем равен ударному объему, помноженному на частоту сокращений сердца.

В среднем у взрослых СВ составляет 5 л/мин, варьируясь в зависимости от массы тела и конституции. Более точным показателем является сердечный индекс, равный сердечному выбросу (СВ), отнесенному к площади поверхности тела (в м<sup>2</sup>). У человека средней упитанности площадь поверхности тела составляет приблизительно 1,7 м<sup>2</sup>, а сердечный индекс соответственно равен 3 л/м<sup>2</sup>/мин. Физическая нагрузка существенно влияет на сердечный выброс и частоту сердечных сокращений (табл. 5).

Таблица 5 – Влияние физической нагрузки на сердечный выброс и частоту сокращений сердца у человека

Состояние	Частота сердечных сокращений (ЧСС) в 1 мин	Сердечный выброс, л/ мин
Покой	60	5,5
Умеренная нагрузка	100	10,9
Интенсивная нагрузка	138	15,0

У тренированных лиц при физической нагрузке ЧСС возрастает не в такой степени, как у нетренированных (при таком же приросте сердечного выброса).

На сердечный выброс влияет ряд факторов: заболевания, возраст, тренированность и др. (табл. 6).

При миокардитах, кардиосклерозе и других болезненных состояниях сердечный индекс также уменьшается из-за снижения сократимости миокарда.

Таблица 6 – Изменение сердечного индекса с возрастом

Возраст (годы)	Сердечный индекс, л/мин/м <sup>2</sup>
10	4,3
20	3,6
40	3,0
60	2,7
80	2,5

#### Мышечный насос

Движение крови по венам обеспечивается рядом факторов: работой сердца, клапанным аппаратом вен, «мышечным насосом» и др. Вены верхних и нижних конечностей снабжены клапанами, а глубокие вены окружены мышцами. При физической нагрузке мышцы действуют как насосы, оказывая давление на вены снаружи. Чем чаще и активнее движения, например при ходьбе, тем эффективнее «насосное действие» мышц. Правда, сокращение мышц, пережимая сосуды, затрудняет кровоток. Но если сокращения носят перемежающийся характер, то уменьшение кровотока во время фазы сокращения эффективно компенсируется за счет кислорода, связанного с миоглобином. Поэтому во время ритмичной нагрузки, возникающей при беге, ходьбе на лыжах, езде на велосипеде, кровоснабжение мышц конечностей намного увеличивается. Сокращение мышц брюшного пресса ведет к вытеснению значительного количества крови из сосудов печени,

кишечника и селезенки, увеличивая приток крови к сердцу и тем самым влияя на сердечный выброс.

При сокращении мышц вены в них сжимаются, что немедленно приводит к увеличению притока крови к правому желудочку (мышечному насосу). Увеличение оттока венозной крови из мышц нижних конечностей способствует быстрому заполнению сердца и, кроме того, повышает давление перфузии в нижних конечностях за счет снижения давления в венах голени и ступни.

Активация мышечного насоса сопровождается изменениями в посткапиллярных сосудах (в основном в венах) системного кровообращения.

Физические упражнения вызывают рефлекторное увеличение напряжения стенок венозных сосудов как в работающих, так и в неработающих конечностях. Это напряжение сохраняется в течение всей нагрузки и пропорционально степени ее тяжести.

#### Работа сердца

Работа левого желудочка, перекачивающего при среднем давлении 100 мм рт. ст. ( $135 \text{ Г/см}^2$ ) 5 л ( $5000 \text{ см}^3$ ) крови, в 1 мин составляет:  $5000 \times 135 = 675\,000 \text{ Г} \cdot \text{см} = 6,75 \text{ кГ} \cdot \text{м}$ .

#### Коэффициент полезного действия (КПД) сердца

Равный отношению совершенной работы к затраченной энергии, составляет всего 14-25%, что говорит о значительных потерях энергии.

При физической нагрузке и тренировке КПД сердца может увеличиться. При повышении АД нагрузка на сердце увеличивается, а КПД уменьшается. Поэтому для облегчения работы сердца желательно, чтобы кровяное давление было сравнительно низким, а сердечный выброс - большим.

#### Электрокардиограмма (ЭКГ)

В сердце человека существует специализированная, анатомически обособленная проводящая система. Она состоит из синоатриального и атриовентрикулярного узлов, пучков Гисса с его левой и правой ножками и волокон Пуркине. Эта система образована специализированными мышечными клетками, обладающими свойством автоматизма и высокой скоростью передачи возбуждения.

Распространение электрического импульса (потенциал действия) по проводящей системе и мышце предсердий и желудочков сопровождается деполяризацией и реполяризацией. Регистрируемые в результате этого волны, или зубцы, называются волнами деполяризации (QRS) и реполяризации (T) желудочков.

ЭКГ - это запись электрической активности (деполяризации и реполяризации) сердца, зарегистрированная при помощи электрокардиографа, электроды которого (отведения) помещаются не непосредственно на сердце, а на разных участках тела (рис. 15.8).

Электроды могут располагаться на различном расстоянии от сердца, в том числе и на конечностях и грудные (они обозначаются символом V).

Стандартные отведения от конечностей: первое (I) отведение (правая рука - ПР, левая рука - ЛР); второе (II) отведение (ПР и левая нога - ЛН) и третье (III) отведение (ЛР - ЛН) (см. рис. 15.8).

Грудные отведения - активный электрод накладывают на различные точки грудной клетки (см. рис. 2), обозначаемые цифрами ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ ). Эти отведения отражают электрические процессы в более или менее локализованных участках и помогают выявлять ряд сердечных заболеваний.

#### Зубцы и интервалы электрокардиограммы (ЭКГ)

На рис. 3 изображена типичная нормальная ЭКГ человека по одному из стандартных отведений, длительность и амплитуда зубцов приведены в табл. 7. Зубец P соответствует

деполяризации предсердия, комплекс QRS - началу деполяризации желудочков, зубец T - реполяризации желудочков. Зубец U обычно отсутствует.

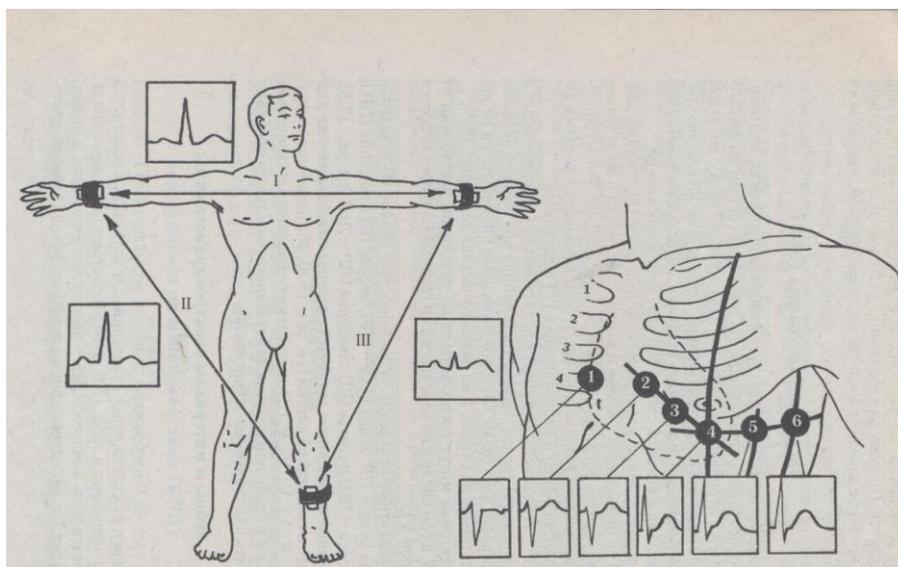


Рисунок 2 – Схема наложения электродов при стандартных и грудных отведениях электрокардиограммы и ЭКГ, полученные при этих отведениях

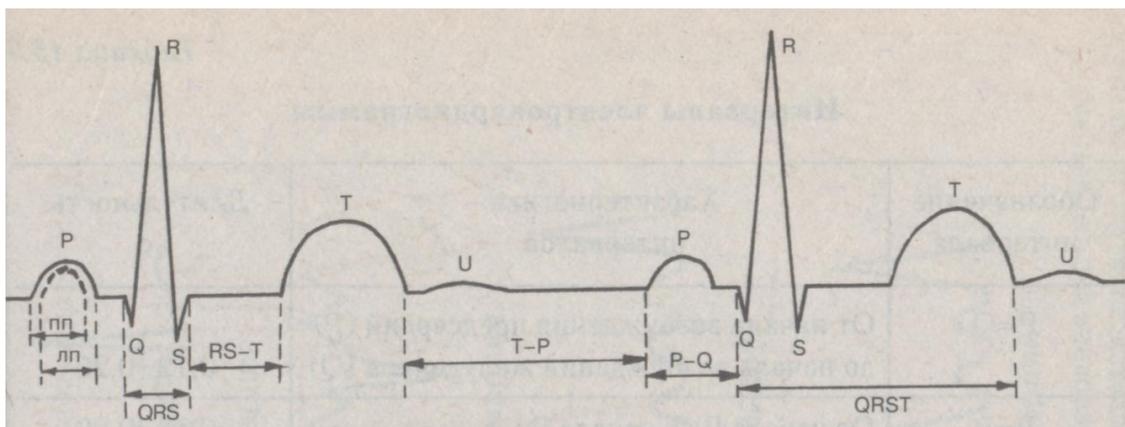


Рисунок 3 – Схема нормальной электрокардиограммы: пп - возбуждение правого предсердия; лп - возбуждение левого предсердия

Таблица 7 – Зубцы нормальной электрокардиограммы (ЭКГ) человека

Обозначения зубцов	Характеристика зубцов	Диапазон длительности, с	Диапазон амплитуды в I, II и III отведениях, мм
p	Отражает деполяризацию (возбуждение) обоих предсердий, в норме зубец положительный	0,07-0,11	0,5-2,0
Q	Отражает начало деполяризации желудочков, отрицательный зубец направлен вниз	0,03	0,36-0,61
R	Главный зубец деполяризации желудочков, положительный (направлен вверх)	см. QRS	5,5-11,5
S	Отражает окончание деполяризации обоих желудочков, отрицательный зубец	—	1,5-1,7
QRS	Совокупность зубцов (Q, R, S), отражающих деполяризацию желудочков	0,06-0,10	0-3
T	Отражает реполяризацию (угасание) обоих желудочков; зубец положительный в I, II, III, aVL, aVF и отрицательный - в aVR	0,12-0,28	1,2-3,0

При анализе ЭКГ большое значение имеют временные интервалы между некоторыми зубцами (табл. 15.9). Отклонение длительности этих интервалов за пределы нормы может свидетельствовать о нарушениях функции сердца.

### ТЕСТИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Тестирование физической работоспособности лиц, занимающихся физкультурой и спортом, в покое не отражает их функционального состояния и резервных возможностей, так как патология органа или его функциональная недостаточность заметнее проявляются в условиях нагрузки, чем в покое, когда требования минимальны.

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

Поэтому оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы на современном уровне невозможна без широкого привлечения нагрузочных тестов.

*Задачи нагрузочных тестов:*

- 1) определение работоспособности и пригодности к занятиям тем или иным видом спорта;
- 2) оценка функционального состояния кардиореспираторной системы и ее резервов;
- 3) прогнозирование вероятных спортивных результатов, а также прогнозирование вероятности возникновения тех или иных отклонений в состоянии здоровья при физических нагрузках;
- 4) определение и разработка эффективных профилактических и реабилитационных мер у высококвалифицированных спортсменов;
- 5) оценка функционального состояния и эффективности применения средств реабилитации после повреждений и заболеваний у тренирующихся спортсменов.

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

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

К тестам на восстановление относят и различные варианты теста со ступеньками (step-test).

В 1929 г. А. Master ввел двухступенчатый тест, где регистрируются ЧСС и АД после определенного количества подъемов на стандартную ступеньку. В дальнейшем этот тест начал применяться для регистрации ЭКГ после нагрузки. В современном виде двухступенчатый тест предусматривает определенное, зависящее от возраста, пола и массы тела обследуемого количество подъемов на стандартную двойную ступеньку в течение 1,5 мин (табл. 8), или удвоенное количество подъемов за 3 мин при двойной пробе (высота каждой ступеньки 23 см). ЭКГ фиксируется до и после нагрузки.

*Субмаксимальные тесты на усилие*

Используются в спортивной медицине при тестировании высококвалифицированных спортсменов. Исследования показали, что наиболее ценная информация о функциональном состоянии кардиореспираторной системы может быть получена при учете изменений основных гемодинамических параметров (показателей) не в восстановительном периоде, а непосредственно во время выполнения теста. Поэтому и увеличение нагрузок проводится до достижения предела аэробной способности (максимального потребления кислорода - МПК).

В спортивной медицине применяются и субмаксимальные нагрузочные тесты, требующие 75% от максимально переносимых нагрузок. Они рекомендованы ВОЗ для широкого внедрения (Хроника ВОЗ, 1971, 25/8, с. 380; и др.).

Используются также различные велоэргометры, тредмиллы и др. В случае превышения возрастных пределов ЧСС (табл. 9) нагрузку целесообразно прекратить.

Таблица 8 – Минимальное число подъемов (раз) на ступеньку в зависимости от массы, возраста и пола\* при пробе Мастера

Масса тела, кг	Возраст, лет				
	22-29	30-39	40-49	50-59	60-69
	число подъемов на ступеньку*				
40-44	29(28)	28(27)	27(24)	25(22)	24(21)
45-49	28(27)	27(25)	26(23)	25(22)	23(20)
50-54	28(26)	27(25)	25(23)	24(21)	22(19)
55-59	27(25)	26(24)	25(22)	23(20)	22(18)
60-64	26(24)	26(23)	24(21)	23(19)	21(18)
65-69	25(23)	25(21)	23(20)	22(19)	20(17)
70-74	24(22)	24(21)	23(19)	21(18)	20(16)
75-79	24(21)	24(20)	22(19)	20(17)	19(16)
80-84	23(20)	23(19)	22(18)	20(16)	18(15)
85-89	22(19)	23(18)	21(17)	19(16)	18(14)
90-94	21(18)	22(17)	20(16)	19(15)	17(14)
95-99	24(17)	21(15)	20(15)	18(14)	16(13)
100-104	20(16)	21(15)	19(14)	17(13)	16(12)
105-109	19(15)	20(14)	18(13)	17(13)	15(11)
110-114	18(14)	20(13)	18(13)	16(12)	11(11)

\* В скобках приведено число подъемов для женщин.

Таблица 9 – Предельно допустимая ЧСС во время нагрузочного теста в зависимости от возраста

Возраст, лет	ЧСС
20-29	170
30-39	160
40-49	150
50-59	140
60 и старше	130

Помимо превышения возрастных пределов ЧСС физический тест должен быть прекращен и в случаях возникновения клинических или электрокардиографических признаков, указывающих на достижение предела переносимости нагрузки.

*Клинические признаки:* 1) приступ стенокардии даже при отсутствии изменений на ЭКГ; 2) сильная одышка; 3) большая усталость, бледность, холодная и влажная кожа; 4)

значительное повышение АД; 5) снижение АД более чем на 25% от исходного; 6) отказ испытуемого от продолжения исследования в связи с дискомфортом.

*Электрокардиографические признаки:* 1) возникновение частых экстрасистол (4 : 40) и других выраженных нарушений ритма; 2) нарушение предсердно-желудочковой и внутрижелудочковой проводимости; 3) горизонтальное или корыстообразное смещение вниз сегмента ST более чем на 0,2 мВ по сравнению с записью в покое; 4) подъем сегмента ST более чем на 0,2 мВ, сопровождающийся опущением его в противоположных отведениях; 5) инверсия, или возникновение заостренного и приподнятого зубца Т с увеличением амплитуды более чем в 3 раза (или на 0,5 мВ) по сравнению с исходным и любым из отведений (особенно V<sub>4</sub>); 6) уменьшение зубца R не менее чем на 50% от его величины в состоянии покоя.

*Гарвардский степ-тест* (L. Brouha, 1943) заключается в подъемах на скамейку высотой 50 см для мужчин и 43 см для женщин в течение 5 мин в заданном темпе. Темп восхождения постоянный и равняется 30 циклам в 1 мин. Каждый цикл состоит из четырех шагов. Темп задается метрономом 120 ударов в минуту. После завершения теста обследуемый садится на стул и в течение первых 30 с на 2-3-й мин подсчитывается ЧСС. Если обследуемый в процессе тестирования отстает от заданного темпа, то тест прекращается.

О физической работоспособности спортсмена судят по индексу гарвардского степ-теста (ИГСТ), который рассчитывается, исходя из времени восхождения на ступеньку и ЧСС после окончания теста. Высота ступеньки и время восхождения на нее выбираются в зависимости от пола и возраста обследуемого (табл. 10).

Индекс гарвардского степ-теста рассчитывают по формуле:

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

где t - время восхождения в секундах, f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub> - частота сердечных сокращений (ЧСС) за 30 секунде, на 2-, 3- и 4-й минутах восстановления соответственно.

Таблица 10 – Высота ступеньки и время восхождения в гарвардском степ-тесте

Обследуемые	Возраст, лет	Высота ступеньки, см	Время восхождения, мин
Мужчины	Взрослые	50	5
Женщины	Взрослые	43	5
Юноши и подростки	12-18	50	4
Девушки и подростки	12-18	40	4
Мальчики и девочки	8-11	35	3
Мальчики и девочки	до 8	35	2

При массовых обследованиях можно пользоваться сокращенной формулой:

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

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

Из-за большой интенсивности нагрузки тест применяют только при обследовании спортсменов. Критерии оценки результатов гарвардского степ-теста приведены в табл. 11.

Таблица 11 – Оценка результатов гарвардского степ-теста

Оценка	ИГСТ
Отлично	90
Хорошо	80-89,9
Средне	65-79,9
Слабо	55-64,9
Плохо	55

Самые большие показатели (до 170) отмечены у спортсменов экстракласса, тренирующихся на выносливость (лыжные гонки, академическая гребля, плавание, марафонский бег и др.).

#### **Субмаксимальные нагрузочные тесты**

Такие тесты проводятся различными видами нагрузок:

- 1) немедленное увеличение нагрузки после разминки до предполагаемого субмаксимального уровня для данного спортсмена;
- 2) равномерная нагрузка на определенном уровне с увеличением при последующих исследованиях;
- 3) непрерывное или почти непрерывное возрастание нагрузки;
- 4) ступенчатое возрастание нагрузки;
- 5) ступенчатое возрастание нагрузки, чередующееся с периодами отдыха.

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

*Субмаксимальный тест Валунда - Шестранда* ( $W_{170}$  или  $PWC_{170}$ ) рекомендован ВОЗ для определения физической работоспособности по достижении ЧСС 170 в минуту (возможность физической нагрузки выражается в кгм/мин или Вт), при которой частота сердечных сокращений после вработываемости устанавливается на уровне 170 уд/мин, т. е.  $W_{170}$  (или  $PWC_{170}$ ). Данный уровень нагрузки и является показателем  $W_{170}$ .

Для старших возрастных групп, учитывая более низкий предел допустимого возрастания пульса, а также у юных спортсменов применяют тесты  $PWC_{130}$  и  $PWC_{150}$  - определение физической работоспособности при достижении ЧСС 130 и 150 уд/мин.

Тест выполняется следующим образом: испытуемый подвергается на велоэргометре двум нагрузкам разной мощности ( $W_1$  и  $W_2$ ) продолжительностью 5 мин каждая с отдыхом 3 мин. Нагрузка подбирается с таким расчетом, чтобы получить

несколько значений пульса в диапазоне 120-170 уд/мин. В конце каждой нагрузки определяют ЧСС (соответственно  $f_1$  и  $f_2$ ).

На основании полученных данных строят графики, где на оси абсцисс заносят показатели мощности нагрузки ( $W_1$  и  $W_2$ ), на оси ординат - соответствующую ЧСС (рис. 4.). На пересечении перпендикуляров, опущенных в соответствующие точки осей графика, находят координаты 1 и 2, через них проводят прямую до пересечения с перпендикуляром, восстановленным из точки ЧСС, соответствующей 170 уд/мин (координата 3). Из нее опускают перпендикуляр на ось абсцисс и получают таким образом значение мощности нагрузки при ЧСС, равной 170 уд/мин

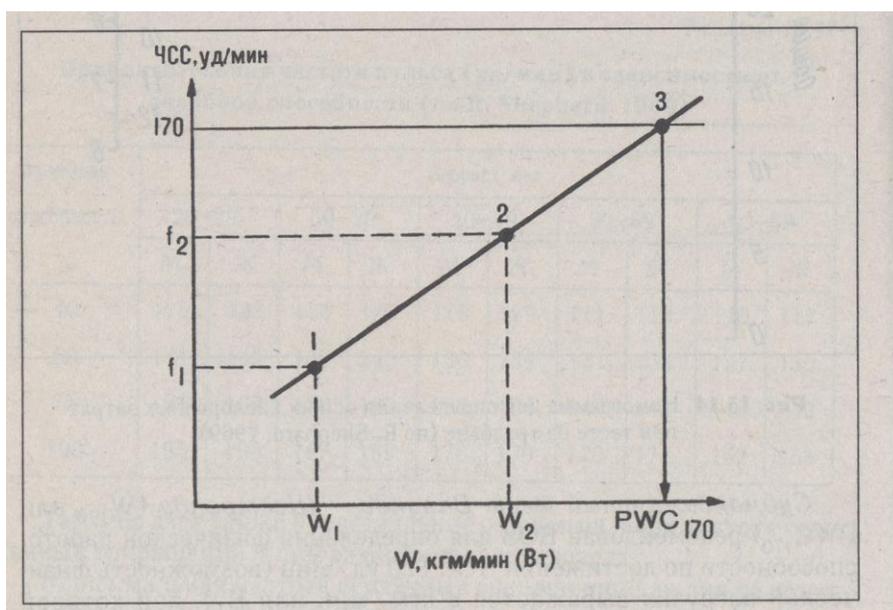


Рисунок 4 – Графический способ определения  $PWC_{170}$ :  $f_1$  и  $f_2$  — ЧСС при первой и второй нагрузках;  $W_1$  и  $W_2$  - мощность первой и второй нагрузок

Для упрощения расчета мощность работы при двухступенчатом тесте  $PWC_{170}$  рекомендуется формула:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \times (170 - f_1) : (f_2 - f_1),$$

где  $PWC_{170}$  - мощность физической нагрузки при ЧСС 170 уд/мин;  $W_1$  и  $W_2$  - мощность первой и второй нагрузок (кгм/мин или Вт);  $f_1$  и  $f_2$  - ЧСС на последней минуте первой и второй нагрузок (в 1 мин).

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

Нагрузочные тесты для детей

В возрасте до 10 лет начинают с минимальных нагрузок (до 50 кгм/мин), а с 10 лет и старше - с учетом массы тела. Обычно, как рекомендует ВОЗ, со 100-150 кгм/мин.

Определение максимального потребления кислорода (МПК)

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

Чаще применяют непрямой метод измерения МПК (рис. 5), не требующий сложной аппаратуры. Для обследования высококвалифицированных спортсменов рекомендуется измерять МПК прямым методом.

В норме между величиной потребления кислорода (ПК) и ЧСС существует линейная зависимость. МПК - основной показатель, отражающий функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем и физическое состояние в целом, т. е. аэробную способность. Этот показатель (л/мин, а точнее, мл/мин/кг) или его энергетический эквивалент (кДж/мин, ккал/мин) относятся к ведущим в оценке и градациях физического состояния человека. Таким образом, субмаксимальные нагрузочные тесты, обеспечивающие информацию об аэробной способности, являются важнейшим инструментом оценки функционального состояния организма. Величина МПК зависит от пола, возраста, физической подготовленности обследуемого и варьирует в широких пределах. Нормальные величины максимального потребления кислорода у детей школьного возраста и у взрослых приведены в табл. 12, 13.

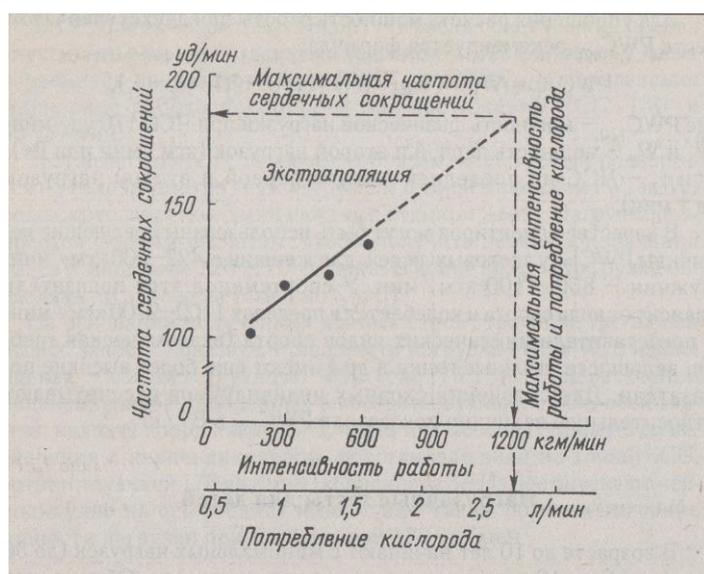


Рисунок 5 – График для непрямого определения максимальной работы и МПК на основе субмаксимальных нагрузочных тестов (по R. Andersen и S. Siversten, 1966)

Испытуемому рекомендуется велоэргометрическая нагрузка (ЧСС после вработывания должно находиться между 120-170 уд/мин) или степ-тест (высота ступеньки 40 см - для мужчин, 33 см - для женщин, темп восхождения - 22,5 цикла в 1 мин) в течение не менее 5 мин. ЧСС регистрируется на 5-й минуте работы. Расчет МПК проводят по специальной номограмме Astrand и формуле фон Добелна. Найденная с помощью номограммы величина МПК корригируется путем умножения на «возрастной фактор». Для детей и подростков младше 15 лет разработана специальная номограмма Гюртлера.

Таблица 12 – Максимальное потребление кислорода у детей и подростков (по J. Rutenfranz, T. Hettinger, 1959)

Возраст, лет	Мальчики		Девочки	
	л/ мин	мл/ мин/ кг	л/мин	мл/ мин/ кг
9	1,51	50	1,22	40
11	1,93	50	1,49	39
13	2,35	50	2,03	43
15	3,17	53	2,02	38
17	3,7	54	2,19	38

Таблица 13 – Максимальное потребление кислорода (мл/мин/кг) у взрослых (по К. Andersen с соавт., 1971)

Возраст, лет	Мужчины	Женщины
20-29	44	36
30-39	42	34
40-49	39	33
50-59	36	29
60-69	32	-
70-79	27	-

Определение МПК прямым методом дает более точные результаты. Испытуемый выполняет ступенеобразную повышающуюся нагрузку на велоэргометре или тредбане. Исходная мощность нагрузки и последующие «ступени» выбираются с учетом пола, возраста и физической подготовленности обследуемого.

В зависимости от вида спорта и квалификации спортсмены начинают работу с мощности 100 или 150 Вт, а спортсменки - с 75 или 100 Вт. В течение последних 30 с каждой «ступени» нагрузки выдыхаемый воздух собирают в мешок Дугласа. Затем производится газоанализ с помощью аппарата Холдена или другого прибора, а газовым счетчиком измеряется количество выдохнутого воздуха. Существуют автоматические газоанализаторы, которые позволяют во время нагрузки непрерывно регистрировать концентрации кислорода и углекислого газа в потоке выдыхаемого воздуха. Электронный калькулятор анализаторов последних моделей автоматически на бумажной ленте через каждые 20-30 с печатает данные об уровне потребления кислорода, легочной вентиляции (минутном объеме дыхания), дыхательном коэффициенте и другие показатели. Наличие приборов такого типа значительно повышает эффективность тестирования спортсменов.

Для сравнения работоспособности отдельных лиц используют не абсолютное значение МПК (л/мин), а относительную величину. Последнюю получают, разделив МПК в мл/мин на массу тела в килограммах. Единица относительного показателя - мл/кг в 1 мин.

У спортсменов МПК составляет 3-5 л/мин, в отдельных случаях - выше 6 л/мин. У лыжников-гонщиков, занимающихся академической греблей, гонками на велошоссе, и других спортсменов высокой квалификации относительная величина МПК достигает 80 мл/кг в 1 мин и больше (табл. 14).

МПК может использоваться для отбора спортсменов на ответственные соревнования, в комплексе с другими методами и прикидками (отборочные соревнования).

Таблица 14 – Максимум потребления кислорода (мл/кг/мин) у высококвалифицированных спортсменов (по В. Saltin, P.O Astrand, 1967)

Вид спорта	Мужчины	Женщины
Лыжные гонки	83	63
Бег 3000 м	80	-
Бег на коньках	78	54
Ориентирование	77	58
Бег 800-1500 м	76	56
Велогонки	74	-
Биатлон	73	-
Спортивная ходьба	71	-
Гребля на каноэ	70	-
Горнолыжный спорт	68	50
Бег 400 м	67	-
Плавание	67	58
Борьба	57	-

#### Тестирование анаэробной производительности

При выполнении интенсивных нагрузок кислородный запрос превышает величину его максимальной доставки. При этом в организме накапливаются недоокисленные продукты гликолиза (главным образом молочной кислоты), что приводит к резким сдвигам во внутренней среде (понижение рН до 7,0), заставляя спортсмена прекратить работу или снизить ее интенсивность. Кислородный долг, который образуется при выполнении интенсивной физической работы, «оплачивается» после нагрузки, что проявляется в увеличенном (по сравнению с уровнем покоя) потреблении кислорода.

Анаэробная производительность имеет большое значение при выполнении предельных нагрузок продолжительностью от 30 с до 2 мин. Такая работа характерна для хоккеистов, бегунов на средние дистанции, конькобежцев и представителей других видов спорта, тренирующих скоростную выносливость.

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

Тест со ступеньками является наиболее физиологичным, простым и доступным для спортсмена любого возраста и физической подготовленности.

Обычно используется стандартная двойная ступенька (высота каждой 23 см).

Применяются и другие ступенчатые эргометры. Так, V. Gotheiner (1968) приспособливает высоту ступеньки к длине ног обследуемого. При длине ног до 90 см высота ступеньки 20 см, при 90-99 см - 30 см, при 100-109 см - 40 см, а при 110 см и выше - 50 см.

При этом длина ноги обследуемого измеряется от вертельной точки до пола с помощью номограммы V. Gotheiner (рис. 15). На оси абсцисс (АС) отложены значения длины ноги, на оси ординат (АВ) - значения высоты ступеньки в сантиметрах. Из точки пересечения перпендикуляра, проведенного из точки на оси абсцисс, соответствующей длине ноги обследуемого, с линией ДЕ, проводят прямую линию на ось ординат и получают точку, соответствующую искомой высоте ступеньки.

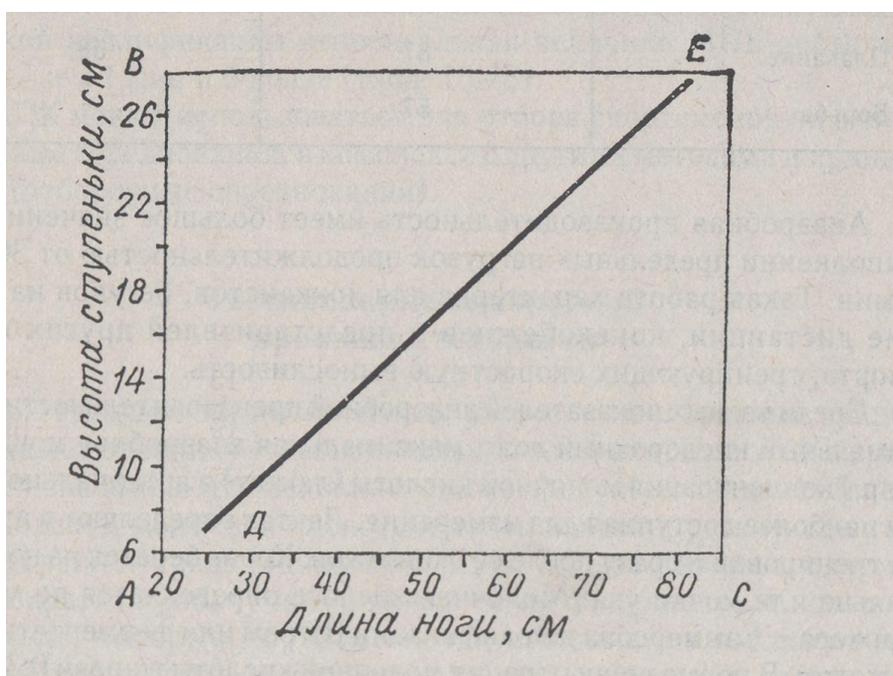


Рисунок 15 – Номограмма для определения высоты ступеньки при степ-тесте.

Скорость подъема контролируется метрономом. Каждый этап нагрузки длится 4 мин. АД и пульс рассчитывают и после нагрузки.

Для ориентировочной оценки результатов теста пользуются табл. 16. Над каждым столбцом в скобках указана частота сердечных сокращений (ЧСС в мин), соответствующая средней физической способности женщин и мужчин данной возрастной группы. Если ЧСС обследуемого при указанной для него нагрузке будет отличаться менее чем на 10 в мин от приведенной в скобках величины, то физическое состояние его можно считать удовлетворительным. В случае, когда ЧСС ниже этой величины на 10 и более, физическая способность обследуемого выше средней, а если частота ЧСС на 10 и более в мин выше этой величины, то физическая способность низкая.

Таблица 16 – Субмаксимальные нагрузки при степ-тесте и их оценка для лиц разного возраста, пола и массы тела

Масса, кг	Возраст, лет			
	20-29	30-39	40-49	50-59
	женщины: подъемы в 1 мин			
	(167)	(160)	(154)	(145)
36	16	16	14	10
41	17	16	14	10
45	17	17	14	10
50	17	17	- 15	10
54	17	17	15	10
59	18	17	15	10
63	18	17	15	10
68	18	18	15	10
72	18	18	15	10
77	18	18	15	10
81 и более	18	18	16	10

*Продолжение*

Масса, кг	мужчины: подъемы в 1 мин			
	(161)	(156)	(152)	(145)
50	20	18	16	13
54	20	19	16	13
59	20	19	16	13
63	21	19	17	13
68	21	19	17	13
72	21	19	17	13
77	21	19	17	14
81	21	19	17	14
86	21	19	17	14
91 и более	21	20	17	14

\* В скобках указана ЧСС, соответствующая результатам теста при средней физической способности мужчин или женщин данной возрастной группы (по R. Shephard, 1969).

По степ-тесту можно достаточно точно высчитать работу в единицу времени на основании массы тела, высоты ступеньки и количества восхождений за данное время по формуле:

$$W = BW \times H \times T \times 1,33,$$

где W - нагрузка (кгм/мин), BW - масса тела (кг), H - высота ступеньки (м), T - количество подъемов в 1 мин, 1,33 - поправочный коэффициент, учитывающий физические затраты на спуск с лестницы, которые составляют 1/3 затрат на подъем.

*Велоэргометрия.* Велоэргометр - наиболее удобный прибор для проведения субмаксимальных нагрузочных тестов, так как обеспечивает оптимальную возможность получения точных физиологических данных для оценки функционального состояния человека, его физических способностей.

Скорость вращения педалей обычно 60 об/мин. Во время обследования необходим постоянный контроль ЧСС, АД, ЭКГ.

ВОЗ рекомендует при обследовании здоровых детей и женщин начинать нагрузки со 150 кгм/мин, для мужчин - с 300 кгм/мин с последующим ступенчатым возрастанием на 150-300 кгм/мин.

*Тест на тредмилле (тредбане).* Тредмилл (тредбан) - устройство, позволяющее воспроизводить ходьбу или бег с определенной скоростью при определенном уклоне. Скорость движения ленты, а значит и обследуемого, измеряется в м/с или км/ч. Кроме того, тредмилл снабжен спидометром, измерителем уклона и рядом регулирующих устройств. Регулярность контроля 30 основными клиническими и физиологическими показателями такая же, как при субмаксимальных степ-тесте и тесте на велоэргометре.

ВОЗ рекомендует два варианта нагрузок:

1) горизонтальный уровень ленты с возрастающей скоростью от 6 км/ч до 8 км/ч и т. д.;

2) постоянная скорость со ступенчатым возрастанием уклона по 2,5%, причем в этом случае возможны два варианта: ходьба со скоростью 5 км/ч и бег со скоростью 10 км/ч.

Тредбан воспроизводит привычную деятельность человека. Он предпочтительнее при обследовании детей и пожилых людей.

Группа физиологов по труду ВОЗ отметила совпадение результатов различных тестов при идентичной нагрузке. Так, у обследованных молодых здоровых мужчин МПК составило при степ-тесте  $3,68 \pm 0,73$ , при тесте на велоэргометре  $3,56 \pm 0,71$ , на тредмилле -  $3,81 \pm 0,76$  л/мин; ЧСС - соответственно  $188 \pm 6,1$ ,  $187 \pm 9$ ,  $190 \pm 5$  в 1 мин. Содержание молочной кислоты в крови —  $11,6 \pm 2,9$ ;  $12,4 \pm 1,7$ ;  $13,5 \pm 2,3$  ммоль/л.

Определение и оценка функционального состояния организма как целого носит название функциональной диагностики.

В связи с интенсификацией учебно-тренировочного процесса и роста спортивных результатов, частными стартами, особенно международными, становится очевидной необходимость правильной оценки функционального состояния спортсменов, а с другой стороны - важность определения адекватности тренировок для данного индивидуума.

Исследование функционального состояния лиц, занимающихся физкультурой и спортом, осуществляется путем использования различных функциональных проб.

При функциональной пробе (тесте) изучается реакция органов и систем на воздействие какого-либо фактора, чаще - физической нагрузки. Главным (обязательным) условием при этом должна быть ее строгая дозировка. Только при этом условии можно определить изменение реакции одного и того же лица на нагрузку при различном функциональном состоянии.

При любой функциональной пробе вначале определяют исходные данные исследуемых показателей, характеризующие ту или иную систему или орган в покое, затем данные этих показателей сразу (или в процессе выполнения теста) после воздействия того или иного дозированного фактора и, наконец, после прекращения нагрузок до возвращения испытуемого к исходному состоянию. Последнее позволяет определить длительность и характер восстановительного периода.

Наиболее часто в функциональной диагностике используют пробы (тесты) с такой физической нагрузкой, как бег, приседания, подскоки, восхождения и спуск на ступеньки

(степ-тест) и др. Все эти нагрузки дозируются как темпом, так и длительностью (продолжительностью).

Кроме проб с физической нагрузкой используют и другие пробы: ортостатические, клиноростатические, проба Ромберга.

Следует отметить, что нельзя правильно оценить функциональное состояние организма спортсмена, используя один какой-либо показатель.

Только комплексное изучение функционального состояния, включающее тестирование с физической нагрузкой, записью ЭКГ, биохимическими анализами и др., дает возможность правильно оценить функциональное состояние спортсмена.

Функциональные пробы разделяются на специфические и неспецифические. Специфическими называют такие функциональные пробы, фактором воздействия в которых служат движения, свойственные конкретному виду спорта. Например, для бегуна такой пробой будет бег (или бег на тредмилле) и т. д. К неспецифическим (неадекватным) относятся пробы, в которых используются движения, не свойственные тому или иному виду спорта. Например, для борца - велоэргометрическая нагрузка и т. д.

#### Показатели крови

Для определения функционального состояния спортсменов используют биохимические показатели красной крови (эритроциты, гемоглобин, гематокрит, тромбоциты, лейкоциты и др.).

*Общий анализ крови* является одним из основных лабораторных исследований, позволяющим оценивать эритропоз, лейкопоз, тромбоцитоз, диагностировать анемию, контролировать лечебные и реабилитационные мероприятия и т. п.

Изменение гематологических показателей - сложный процесс. Он напрямую связан с регулирующим влиянием нервной и эндокринной систем. Под влиянием интенсивных физических нагрузок в показателях красной крови происходят существенные изменения, разрушается определенная часть эритроцитов.

*Иммунитет (Т- и В-лимфоциты, иммуноглобулины)*. При пониженном иммунитете увеличивается возможность травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата, простудных заболеваний и др., что, естественно, ведет к снижению спортивной работоспособности.

Для оценки иммунологического статуса у спортсменов исследуют следующие показатели крови:

1) относительное и абсолютное число лимфоцитов в периферической крови (в крови человека циркулирует 30-40 млрд лимфоцитов, из них 50-60% - Т-лимфоциты, 20-30% - В-лимфоциты и 10-20% - «нулевые» лимфоциты);

2) концентрацию сывороточных иммуноглобулинов (содержание иммуноглобулинов различных классов в периферической крови следующее: IgA -  $1,97 \pm 0,12$  г/л, IgM -  $1,19 \pm 0,05$  г/л, IgG -  $14,63 \pm 0,35$  г/л);

3) фагоцитарную активность лейкоцитов (нормальные показатели по фагоцитозу кандиды альбикас: фагоцитарное число 1-2,5, фагоцитарный индекс 40-90%; нормальные цифры по фагоцитозу стафилококка: фагоцитарное число 4-9, фагоцитарный индекс 40-80%).

*Миоглобин (МГ)*, циркулирующий в крови, зависит от величины и продолжительности физической нагрузки. Он повышается пропорционально сложности выполняемой физической нагрузки и ее интенсивности. Заметного соответствия между МГ, повышением лактата и понижением рН не наблюдается.

## Часть 2

### Лекция №3 (2 часа)

## ОРГАНЫ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ

### План лекции

- 2.1. Система внешнего дыхания.
- 2.2. Исследование диффузной способности легких.
- 2.3. Роль дыхания в поддержании кислотно-щелочного равновесия при физических нагрузках.

### Органы системы дыхания

*Дыхание* - это единый процесс, осуществляемый целостным организмом и состоящий из трех неразрывных звеньев:

- а) внешнего дыхания, т. е. газообмена между внешней средой и кровью легочных капилляров;
- б) переноса газов, осуществляемого системами кровообращения;
- в) внутреннего (тканевого) дыхания, т. е. газообмена между кровью и клеткой, в процессе которого клетки потребляют кислород и выделяют углекислоту.

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

Работоспособность человека (в частности, спортсмена) определяется в основном тем, какое количество кислорода ( $O_2$ ) забрано из наружного воздуха в кровь легочных капилляров и доставлено в ткани и клетки. Указанные выше три звена дыхания тесно связаны между собой и обладают взаимной компенсацией звена. Так, при сердечной недостаточности наступает одышка, при недостатке  $O_2$  в атмосферном воздухе (например, в среднегорье) увеличивается количество эритроцитов - переносчиков кислорода, при заболеваниях легких наступает тахикардия.

### СИСТЕМА ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

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

Под вентиляцией следует понимать обмен газа между альвеолярным и атмосферным воздухом. От уровня альвеолярной вентиляции зависит постоянство газового состава альвеолярного воздуха. Объем вентиляции зависит, прежде всего, от потребности организма в кислороде при выведении определенного количества углекислого газа, а также от состояния дыхательных мышц, проходимости бронхов и пр.

Не весь вдыхаемый воздух достигает альвеолярного пространства, где происходит газообмен. Если объем вдыхаемого воздуха равен 500 мл, то 150 мл остается в «мертвом» пространстве, и за минуту через дыхательную зону легких в среднем проходит  $(500 \text{ мл} - 150 \text{ мл}) \times 15$  (частота дыхания) = 5250 мл атмосферного воздуха. Эта величина называется альвеолярной вентиляцией. «Мертвое» пространство возрастает при глубоком вдохе, его объем зависит также от массы тела и позы обследуемого.

*Диффузия* - это процесс пассивного перехода кислорода из легких через альвеоло-капиллярную мембрану в гемоглобин легочных капилляров, с которыми кислород вступает в химическую реакцию.

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

Легочная *вентиляция* повышается параллельно увеличению потребления кислорода, причем при максимальных нагрузках у тренированных лиц она может возрасти в 20-25 раз по сравнению с состоянием покоя и достигать 150 л/мин и более. Такое увеличение вентиляции обеспечивается возрастанием частоты и объема дыхания, причем частота может увеличиться до 60-70 дыханий в 1 мин, а дыхательный объем - с 15 до 50% жизненной емкости легких.

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

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

Для исследования функции внешнего дыхания пользуются спирометрами, спирографами и специальными аппаратами открытого и закрытого типа. Наиболее удобно спирографическое исследование, при котором на движущейся бумажной ленте записывается кривая - спирограмма. По этой кривой, зная масштаб шкалы аппарата и скорость движения бумаги, определяют следующие показатели легочной вентиляции: частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), максимальную вентиляцию легких (МВЛ), остаточный объем легких (ОО), общую емкость легких (ОЕЛ). Кроме того, исследуются сила дыхательной мускулатуры, бронхиальная проходимость и др.

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

*Частота дыхания (ЧД)* - количество дыханий в 1 мин. Определение ЧД производят по спирограмме или по движению грудной клетки. Средняя частота дыхания у здоровых лиц 16-18 в 1 мин, у спортсменов - 8-12. В условиях максимальной нагрузки ЧД возрастает до 40-60 в 1 мин.

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

*Минутный объем дыхания (МОД)* характеризует функцию внешнего дыхания.

Часть дыхательного объема, которая участвует в газообмене с легочной кровью, называется альвеолярным объемом. С физиологической точки зрения альвеолярная вентиляция - наиболее существенная часть наружного дыхания, так как она является тем

объемом вдыхаемого за 1 мин воздуха, который обменивается газами с кровью легочных капилляров.

*Вентиляционным эквивалентом (ВЭ)* называется соотношение между МОД и величиной потребления кислорода. В состоянии покоя 1 л кислорода в легких поглощается из 20-25 л воздуха. При тяжелой физической нагрузке вентиляционный эквивалент увеличивается и достигает 30-35 л. Под влиянием тренировки на выносливость вентиляционный эквивалент при стандартной нагрузке уменьшается. Это свидетельствует о более экономном дыхании у тренированных лиц. С возрастом ВЭ при данной нагрузке увеличивается. Восстановление МОД после нагрузки у тренированных лиц происходит быстрее.

*Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)* состоит из дыхательного объема, резервного объема вдоха и резервного объема выдоха. ЖЕЛ зависит от пола, возраста, размера тела и тренированности. ЖЕЛ составляет в среднем у женщин 2,5-4 л, у мужчин - 3,5-5 л. Под влиянием тренировки ЖЕЛ возрастает, у хорошо тренированных спортсменов она достигает 8 л.

*Общая емкость легких (ОЕЛ)* представляет собой сумму ЖЕЛ и остаточного объема легких, т. е. того воздуха, который остается в легких после максимального выдоха и может быть определен только косвенно. У молодых здоровых людей 75-80% ОЕЛ занимает ЖЕЛ, а остальное приходится на остаточный объем. У спортсменов доля ЖЕЛ в структуре ОЕЛ увеличивается, что благоприятно отражается на эффективности вентиляции.

Для оценки *бронхиальной проходимости* используют тест ФЖЕЛ (форсированная жизненная емкость легких). Обследуемому предлагают максимально глубоко вдохнуть и быстро выдохнуть. ФЖЕЛ у здоровых людей ниже ЖЕЛ на 200-300 мл. Тиффно предложил измерять ФЖЕЛ за первую секунду. В норме ФЖЕЛ за секунду составляет не менее 70% ЖЕЛ.

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

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

Пробы Штанге и Генчи дают некоторое представление о способности организма противостоять недостатку кислорода.

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

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

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

Значение проб Штанге и Генчи увеличивается, если вести наблюдения постоянно, в динамике.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФFUЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ

Для оценки второго этапа функции внешнего дыхания - газообмена между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров - важно определить количество поглощенного кислорода и выделенной углекислоты.

Как уже было сказано, здоровые люди из каждого литра провентилированного воздуха поглощают примерно 40 мл кислорода (коэффициент использования кислорода).

В атмосферном воздухе содержится 20,93% кислорода и 0,02-0,03% углекислого газа.

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

Аппараты закрытого типа - спирографы. Испытуемый вдыхает воздух из аппарата и выдыхает его туда же, т. е. дыхательные пути и аппарат составляет замкнутую систему. На движущейся бумажной ленте регистрируется кривая записи дыхания - спирограмма. По ней определяют ЧД, МВЛ, МОД, ЖЕЛ, ФЖЕЛ и др.

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

Используя специальные таблицы, рассчитывают утилизацию кислорода в легких, выделение углекислого газа, дыхательный коэффициент, основной обмен.

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

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

Транспортировка кислорода зависит от диффузии этого газа из капиллярной крови в митохондрии клеток ткани (мышц). Скорость тканевой диффузии определяется парциальным давлением кислорода в капиллярной крови и расстоянием между капиллярами (их плотностью).

Скорость перемещения кислорода увеличивается за счет интенсификации кровотока - «резерв кровотока». Содержание кислорода в крови может быть несколько увеличено гипервентиляцией, т. е. вдыханием кислорода или гипербарических смесей - «дыхательный резерв».

В условиях физической нагрузки в результате понижения рН и увеличения температуры крови кривая диссоциации оксигемоглобина смещается вправо. Таким

образом, сохраняется адекватный градиент кислорода и увеличивается десатурация оксигемоглобина при данном парциальном давлении кислорода.

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

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

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

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

Известно, что работа дыхательных мышц идет на преодоление сопротивления воздушному потоку в дыхательных путях и эластического сопротивления легочной ткани и грудной клетки. Наблюдения показывают, что эластичность меняется также в связи с кровенаполнением легких, тренировка увеличивает число капилляров в легких, не отражаясь заметно на альвеолярной ткани.

При физических нагрузках вентиляция легких, вентиляционный эквивалент, ЧСС, кислородный пульс, артериальное давление и другие параметры изменяются в прямой зависимости от интенсивности нагрузки или степени ее прироста, возраста спортсмена, его пола и тренированности.

При больших физических нагрузках выполнять работу за счет только аэробных механизмов энергопродукции способны люди с очень хорошим функциональным состоянием.

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

- 1) аэробное устранение анаэробного метаболизма («истинный кислородный долг»);
- 2) увеличенное потребление кислорода мышцей сердца и дыхательной мускулатурой (до восстановления исходной частоты пульса и дыхания);
- 3) увеличенное потребление кислорода тканями в зависимости от временного повышения температуры и содержания в них катехоламинов;
- 4) пополнение кислородом миоглобина.

Размер кислородного долга по окончании работы зависит от величины усилия и тренированности обследуемого. При максимальной нагрузке длительностью 1-2 мин у нетренированного человека может образоваться кислородный долг в 3-5 л, у спортсмена высокой квалификации - 15 л и более. Максимум кислородного долга является мерой, так называемой анаэробной мощности. Кислородный долг характеризует общую емкость

анаэробных процессов, т. е. суммарное количество работы, совершаемое при максимальном усилии.

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

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

*Порог анаэробного обмена (ПАНО).* Для аэробного окисления субстрата до воды и углекислого газа при физической нагрузке необходимы следующие условия: 1) достаточная плотность митохондрий в мышечных волокнах сократительных единиц, которая позволяет удовлетворять требованиям ресинтеза АТФ аэробным путем; 2) промежуточные продукты обмена и ферменты, не лимитирующие скорость метаболических реакций в цикле Кребса при данной нагрузке; 3) достаточная доставка кислорода к цели транспортом электронов в митохондриях.

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

Квалифицированные спортсмены могут выполнять нагрузки выше ПАНО (аэробный порог) без существенного дальнейшего прироста молочной кислоты.

## РОЛЬ ДЫХАНИЯ В ПОДДЕРЖАНИИ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОГО РАВНОВЕСИЯ (КЩР)

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

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

Изменение рН, наступающее при повышении или понижении содержания углекислоты в крови (алкалоз для повышенного и ацидоз для пониженного рН), обозначается как «дыхательное». Если же изменяется концентрация бикарбоната, то

происходящее при этом изменение рН называют «метаболическим». Возможна компенсация дыхательного ацидоза метаболическим алкалозом.

При интенсивных физических нагрузках, как правило, наблюдается метаболический ацидоз различной степени выраженности. Его причиной является «закисление» крови, т. е. накопление в крови метаболитов (молочной, пировиноградной кислот и др.). С ростом тренированности отмечаются меньшие сдвиги рН и других показателей кисломолочного состояния.

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

Более 90% углекислоты, переносимой кровью, находится в химически связанном состоянии, остальная часть растворена в плазме. Химическими формами транспортировки углекислоты является ион бикарбоната (60-70%) и аминокислоты белков крови, например, глобина в составе гемоглобина (10-30%).

В регуляции КЩР участвуют почки, которые получают около 20-25% крови - больше на единицу веса, чем любой другой из основных органов.

## Часть 3

### Лекция №4 (2 часа)

## ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

### План лекции:

- 3.1 Желудочно-кишечный тракт.
- 3.2 Сбалансированный рацион питания при спортивной деятельности.
- 3.3 Влияние физических нагрузок на пищеварительные процессы.

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

### ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫЙ ТРАКТ

Он представляет собой сплошную трубку, соединяющую ротовое отверстие с анальным, и состоит из ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника.

Энергия содержится в пище в виде питательных веществ - белков, жиров, углеводов. Питательные вещества служат источником энергии для организма, если они расщепляются с образованием соединений, менее богатых энергией. Количество энергии, высвободившейся при этом из 1 г вещества, называется физиологической теплотой сгорания или энергетической ценностью. Физиологическая теплота сгорания жиров более чем вдвое превышает значение этого показателя для белков и углеводов (1 кДж ~ 0,24 ккал) (таблица 1).

Таблица 1 – Калорическая ценность питательных веществ

Единицы измерения	Жиры	Белки	Углеводы	Глюкоза	Этиловый спирт
кДж/ г	38,9	17,2	17,2	15,7	29,7

### Переваривание и всасывание углеводов

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

Основными углеводными молекулами являются моносахариды (простые сахара). Соединения, состоящие из 2 или более моносахаридов, называют ди-, или полисахаридами. Большую часть углеводов в рационе человека составляет растительный крахмал (полисахарид). В организме (в частности, в мышцах и печени) углеводы запасаются в виде гликогена (животный крахмал).

**Переваривание и всасывание белков**

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

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

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

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

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

**Переваривание и всасывание липидов (жиров)**

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

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

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

**Всасывание воды, солей, микроэлементов, витаминов**

Потребность человека в воде может быть различной. Она значительно возрастает в условиях обильного потоотделения (при высокой температуре окружающей среды, при посещении бани или тяжелой физической работе, тренировке и т. д.) и после употребления соленой и острой пищи. Суточная потребность взрослого человека в воде колеблется в зависимости от условий в пределах 20-45 мл/кг массы тела. Существуют следующие усредненные данные, характеризующие водный баланс: минимальная суточная потребность человека массой 70 кг в воде составляет около 1750 мл: из них 650 мл потребляется с питьем, примерно 750 мл - с твердой пищей и приблизительно 350 мл

образуется в реакциях окисления. Если потребление воды превышает эту величину, то у здорового человека избыточная жидкость выводится почками; у лиц же, страдающих заболеваниями сердца и почек, жидкость может задерживаться в организме (отеки).

При потере воды, достигающей 5% веса тела, наблюдается выраженное снижение работоспособности. Если потеря воды превышает 10% веса тела, возникает тяжелое обезвоживание, а если она составляет 15-20%, или около 1/3-1/4 общего содержания воды в организме (на долю воды приходится около 60% массы тела), наступает смерть.

Содержание воды в различных органах и тканях представлено в табл. 2.

Таблица 2 – Относительное содержание воды в различных органах и тканях

Ткань или орган	Содержание воды, %	Процент от веса тела	Количество воды (кг) в организме человека массой 70 кг
Кровь	83,0	8,0	4,65
Почки	82,7	0,4	0,25
Сердце	79,2	0,5	0,28
Легкие	79,0	0,7	0,39
Селезенка	75,8	0,2	0,10
Мышцы	75,6	41,7	22,10
Мозг	74,8	2,0	1,05
Кишечник	74,5	1,8	0,94
Кожа	72,0	18,0	9,07
Скелет	22,0	15,9	2,45
Жировая ткань	10,0	10-50	0,70

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

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

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

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

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

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

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

### СБАЛАНСИРОВАННЫЙ РАЦИОН ПИТАНИЯ

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

1. *Калорийность* суточного рациона данного человека должна соответствовать его энергетическим затратам.

2. Содержание в рационе *белков, жиров и углеводов* должно быть равным хотя бы *минимальной потребности* в них.

3. Содержание в рационе *витаминов, солей и микроэлементов* также должно быть равным по меньшей мере *минимальной потребности* в них.

4. Содержание в рационе *витаминов, солей и микроэлементов* должно быть ниже токсического уровня.

Исходя из сказанного, предложен рацион: белки - 84 г, жиры - 65 г, углеводы - 453 г (в весовых процентах - 14:11:75), 11 730 кДж в сутки. Из этих данных было выведено известное соотношение белков, жиров и углеводов в сбалансированном рационе 1:1:4 в весовых единицах, или 15:30:55% в единицах энергии.

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

При составлении рационов питания следует учитывать возраст, пол и вид деятельности. Так, потребность в энергии возрастает у спортсменов. И в зависимости от вида спорта, например у тяжелоатлетов, возрастает прием белков, а в циклических видах спорта - углеводов и жиров.

#### Водный и электролитный баланс

Содержащаяся в организме вода распределена между несколькими жидкостными компартментами. В клетках (внутриклеточном пространстве) находится 60% ее общего количества; остальное - это внеклеточная вода в межклеточном пространстве и в плазме крови, а также в составе так называемой трансцеллюлярной жидкости (в спинномозговом

канале, камерах глаза, желудочно-кишечном тракте, экзокринных железах, почечных канальцах и мочевых протоках).

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

Немало воды покидает организм при «неощущаемой потере воды» за счет испарения и диффузии с поверхности кожи, а также с выдыхаемым воздухом. Такая потеря воды уносит немногим более 0,5 мл воды в час на 1 кг массы тела, т. е. около 900 мл в сутки у человека массой 70 кг. Таким образом, в целом ежесуточно мы теряем 2 л воды, которые должны возместить из внешних источников. Безусловно, существует значительная разница между, например, жирным беконом (10% воды) и спелым персиком (95% воды), однако в среднем содержание воды в обычном смешанном рационе можно принять за 60%. Кроме того, в водный баланс включается и вода как продукт окисления питательных веществ. При окислении в организме каждого грамма углеводов образуется 0,6 г воды. Для жиров из-за относительно высокого содержания в них водорода аналогичное соотношение составляет 1 мл/г, а для белков - только 0,4 мл/г. При смешанном рационе общий выход воды за счет окислительных процессов - около 300 мл в день. Водный баланс сильно варьирует в зависимости от вида деятельности, внешней среды, возраста и других факторов.

## ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Наблюдения показывают, что выполнение физической работы непосредственно после приема пищи не только не усиливает, а, наоборот, задерживает пищеварительные процессы. Отмечено уменьшение (торможение) секреции пищеварительных желез, нарушается рефлекторное выделение пищеварительных соков.

Угнетение пищеварительных функций при физической работе может быть объяснено торможением пищевых центров в результате отрицательной индукции с возбуждающих двигательных центров. Это связано еще и с тем, что кровоснабжение пищеварительных желез уменьшается, что и ведет к уменьшению секреции.

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

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

### Пищеварение во время физической работы

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

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

#### Энергетический обмен (ЭО)

После приема пищи повышается интенсивность метаболизма. В случае смешанной пищи скорость обмена повышается примерно на 6%. При потреблении белков интенсивность обмена возрастает в гораздо большей степени, чем при потреблении жиров или углеводов. Это может быть обусловлено, в частности, тем, что в процессе метаболизма для ресинтеза 1 моль АТФ белков требуется больше, чем жиров и углеводов (в перерасчете на калорическую ценность).

ЭО присущ всем теплокровным; богатые энергией питательные вещества усваиваются и химически преобразуются, а конечные продукты обмена веществ с более низким содержанием энергии удаляются из клетки. Освобождающаяся при этом энергия используется для различных целей.

Обменные, или метаболические, процессы, в ходе которых специфические элементы организма синтезируются из поглощенных пищевых продуктов, называют *анаболизмом*, а те метаболические процессы, в ходе которых структурные элементы организма или поглощенные пищевые продукты подвергаются распаду, называют *катаболизмом*. Метаболизм жиров и углеводов служит главным образом для обеспечения физиологических функций (*функциональный метаболизм*), тогда как белковый обмен нужен в первую очередь для поддержания и изменения структуры организма (*структурный метаболизм*). *Единицы измерения энергетического обмена*. Энергетический обмен выражают в килокалориях (ккал) на единицу времени.

*Коэффициент полезного действия (КПД)*. При работе часть вырабатываемой энергии выделяется в виде тепла. При мышечной работе КПД редко превышает 25%.

#### Обмен веществ в условиях покоя

Интенсивность метаболизма в покое не выражается суммой соответствующих уровней готовности, присущих всем клеткам организма, поскольку некоторые органы (например, мозг, сердце, дыхательная мускулатура, печень и почки) постоянно находятся в активном состоянии.

Интенсивность обмена веществ в организме в условиях умственного и физического покоя нельзя оценить как строго определенное численное значение, поскольку она подвержена влиянию различных факторов.

В этой связи определяют интенсивность основного обмена (ИОО). Для этого используют четыре стандартных условия измерения основного обмена, влияющих на интенсивность процессов обмена веществ.

1. Интенсивность процессов обмена подвергается *суточным колебаниям* - возрастает утром и снижается в ночной период.

2. Интенсивность процессов обмена возрастает в условиях физической и умственной нагрузки. В обоих указанных случаях основным органом, определяющим интенсивность обмена веществ, являются мышцы.

3. Интенсивность процессов обмена повышается во время приема пищи и ее последующего переваривания, особенно если пища была белковой. Возрастание интенсивности метаболизма после еды связано не только с пищеварительной активностью, но и с последующими процессами обмена веществ; оно может продолжаться

в течение 12 ч, а в случае потребления большого количества белка этот период может достигать 18 ч.

4. Интенсивность обмена веществ возрастает, если температура окружающей среды отклоняется от комфортной (выходит за пределы диапазона нейтральной температуры); сдвиги в сторону *охлаждения* приводят к большему усилению обмена веществ, чем сдвиги в сторону *повышения* температуры.

Интенсивность основного обмена наполовину обусловлена метаболизмом печени и покоящейся скелетной мускулатуры. В связи с тем, что во время сна мышечный тонус снижается, интенсивность обмена веществ у спящего человека может оказаться ниже основного уровня.

Обмен веществ в условиях физической нагрузки

При физической работе (тренировке) скорость метаболизма возрастает в зависимости от степени физического напряжения.

Интенсивность обмена веществ при «относительном покое», т. е. у испытуемого в малоактивном состоянии, составляет приблизительно 8400 кДж/сут (97 Вт) для женщин и 9600 кДж/сут (110 Вт) для мужчин. Эта величина соответствует суточному обмену у значительной части населения - людей, занимающихся «сидячей работой» и не затрачивающих сколько-нибудь значительных физических усилий.

Интенсивность обмена веществ во время занятий спортом

У спортсменов интенсивность обмена веществ может возрастать в относительно высокой степени, но на значительно более короткое время.

Особенно показательны величины интенсивности обмена при беге на различные дистанции - от стометровки до марафона. Чем длиннее дистанция (и, следовательно, больше затрачиваемое время), тем ниже уровень метаболизма (рис. 17.9). Интенсивность обмена веществ при забеге на 100 м или 200 м составляет 22 кВт, что приблизительно в 13 раз больше, чем при беге на марафонскую дистанцию. Работа, совершаемая за 10 с бега с высокой скоростью, достигает 200 кДж, что соответствует величине калорийности примерно 14 г глюкозы. За два с лишним часа, требуемых для преодоления марафонской дистанции, бегун затрачивает около 1,6 кВт, что значительно больше максимального дневного уровня метаболизма при работе в течение нескольких дней. Интенсивность обмена веществ у бегунов на марафонскую дистанцию соответствует 2,1 «лошадиной силы» (750 Вт = 1 л. с). Если принять, что расщепляются примерно одинаковые количества жиров и углеводов, то за 130-минутный марафонский пробег будет использовано 850 г энергосодержащих питательных веществ.

Интенсивность процессов обмена веществ возрастает в условиях физической нагрузки, во время приема пищи, а также если температура окружающей среды отклоняется от комфортной и т. д.

## Часть 4

### Лекция 5 (2 часа)

#### Эндокринная система

##### План лекции:

- 4.1 Щитовидная железа, паращитовидные железы, тимус, эпифиз, гипоталамус.
- 4.2 Гормоны надпочечников, поджелудочной железы, гипофиза, половых желез.
- 4.3 Гормоны и физическая деятельность.

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

К железам внутренней секреции относят: щитовидную железу (или тиреоидную железу), поджелудочную железу (или панкреатическую), эпифиз (или шишковидную железу), гипофиз (или нижний придаток мозга, который состоит из передней доли, или аденогипофиза, промежуточной доли и задней доли, или нейрогипофиза), вилочковую железу (или тимус, или зобную железу), околощитовидную железу (или паратиреоидные железы), надпочечники, половые железы (у мужчин - семенники, у женщин - яичники).

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

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

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

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

#### ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА

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

Гормонами щитовидной железы являются *тироксин* и *три-иодтиронин*.

Весь тироксин, присутствующий в крови, секретирован щитовидной железой. В то же время ею секретруется лишь 10-12% присутствующего в крови три-иодтиронина, а 80-90% его образуется на периферии в результате депонирования тироксина; в три-иодтиронин превращается около 25% всего тироксина.

Небольшие количества тироксина и три-иодтиронина могут подвергаться в печени и почках депонированию, и за счет этого процесса может покрываться небольшая часть

(около 50 мкг) суточной потребности в йоде. В коллоиде щитовидной железы содержится достаточный запас тиреоидных гормонов, чтобы организм мог обходиться без снабжения йодом в течение нескольких месяцев, но при более длительном отсутствии йода в пище тиреоидные гормоны уже не могут вырабатываться в количествах, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма.

Тиреоидные гормоны выполняют жизненно важные функции, поскольку стимулируют метаболизм во всем организме. Они повышают активность многих ферментов, участвующих в расщеплении углеводов, из-за чего при высоком уровне тиреоидных гормонов особенно возрастает *интенсивность метаболизма углеводов*. При недостатке или избытке тиреоидных гормонов возникают патологические состояния, которые называются соответственно *гипо- и гипертиреозом*.

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

Щитовидная железа выделяет также *кальцитонин*, имевший важное значение в регуляции обмена кальция. При длительной физической работе уровень кальцитонина в крови повышается.

## ГОРМОНЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ

Надпочечники представляют собой парные пирамидальные образования, расположенные на верхних полюсах почек.

Кора надпочечников состоит из трех зон, различающихся по морфологическому строению: наружной клубочковой зоны, пучковой зоны, сетчатой зоны. Эти зоны вырабатывают разные гормоны. В сетчатой зоне образуются в основном *андрогены*, а также *глюкокортикоиды*, в пучковой зоне - *глюкокортикоиды*, а в клубочковой - *минералокортикоиды*.

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

Наибольшей физиологической активностью среди андрогенов обладают *тестостерон* и *дегидроэпиандростерон*. У женщин этот андроген выделяется надпочечниками. У мужчин 2/3 всего количества андрогенов секретируют семенники и только 1/3 - надпочечники.

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

Стероидные гормоны представляют собой соединения липидной природы. Они образуются в цепи реакций, включающих последовательное присоединение молекул исходного субстрата - ацетил-КОА. Общим предшественником всех стероидов является холестерол. Как и все липиды, стероиды плохо растворимы в воде, поэтому в крови они связаны нековалентно с белками плазмы. Лишь незначительная часть стероидов находится в крови в свободном виде, но именно эта свободная фракция и обладает биологической активностью.

## ГОРМОНЫ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Гормоны, участвующие в поддержании постоянного уровня сахара в крови, - *инсулин*, *глюкагон* и *соматостатин* - секретируются островками Лангерганса в поджелудочной железе. Около 60% островковых клеток приходится на бета-клетки,

вырабатывающие инсулин, 25% - на альфа-клетки, секретирующие глюкагон, и остальные 15% - на дельта-клетки, выделяющие соматостатин.

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

*Инсулин*, образующийся в бета-клетках поджелудочной железы, представляет собой полипептид, состоящий из двух пептидных цепей.

Суммарный результат различных метаболических эффектов инсулина сводится к понижению концентрации глюкозы в крови, составляющей в норме 0,8-1,0 г/л. При повышении уровня сахара в крови после приема углеводов происходит выброс инсулина. Под влиянием инсулина увеличивается поглощение глюкозы почти всеми клетками тела, и ее концентрация в крови опять снижается.

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

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

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

## ГОРМОНЫ ГИПОФИЗА

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

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

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

имеются и у мужчин. ФСГ играет важную роль в созревании спермы, а ЛГ стимулирует синтез тестостерона в интерстициальных клетках Лейдига. ТТГ, ЛГ и ФСГ - гликопротеины, т. е. содержат углеводные остатки.

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

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

Основным органом-мишенью для пролактина являются молочные железы. Он индуцирует и поддерживает лактацию (галактопоз). Пролактин вырабатывают лактотрофные клетки гипофиза.

#### ПАРАЩИТОВИДНЫЕ ЖЕЛЕЗЫ

Число их варьирует от 2 до 12, чаще всего 4. Паращитовидные железы вырабатывают гормон, регулирующий обмен кальция и фосфора в организме.

Концентрация кальция в крови поддерживается на уровне 9-11 мг%; такие колебания обусловлены взаимодействием двух гормонов - паратгормона и тирокальцитонина.

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

#### ГОРМОНЫ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ

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

Эти гормоны необходимы для полового созревания - благодаря им осуществляется развитие вторичных половых признаков.

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

#### ТИМУС (ВИЛОЧКОВАЯ ЖЕЛЕЗА)

Тимус участвует в иммунитете, в нем находятся малые лимфоциты (тимоциты). Роль тимуса в формировании иммунной системы выявлена Д. Миллером (1961).

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

### ЭПИФИЗ

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

### ГИПОТАЛАМУС

Гипоталамус тесно связан с гипофизом, выделяет гормонально-активные вещества. Они влияют на гипофиз, контролируя выделение им более сложных гормонов. Исследования показали, что при избыточном выделении активирующих гипофиз гормонов могут усиливаться функции щитовидной, половых желез. Установлено, что наряду с гормонами, активирующими гипофиз, в гипоталамусе выделяются гормоны (ингибиторы), подавляющие выработку гормонов гипофизом.

### ГОРМОНЫ И ФИЗИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Отмечено, что половые гормоны повышают работоспособность. При ослаблении функции надпочечников и недостаточном выделении ими гормонов снижается физическая работоспособность. Экспериментально на животных выявлена связь функции мышц и надпочечников - чем выше двигательная активность, тем больше вес надпочечников. Снижается двигательная активность и при снижении функции поджелудочной и щитовидной желез.

Быстрая утомляемость и слабость мышц отмечены при нарушении выделения кортикотропного гормона и кортикостероидов коры надпочечников.

Огромна роль эндокринных желез в повышении (ускорении) адаптации к внешним факторам, гипоксии, физическим нагрузкам.

## Часть 5

### Лекция №6,7,8 (6 часа)

## ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА И НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЙ АППАРАТ. АНАЛИЗАТОРЫ

### План лекции:

- 5.1 Исследование ЦНС и нервно-мышечного аппарата.
- 5.2 Исследование рефлексов.
- 5.3 Исследование остроты зрения, цветоощущения, поля зрения.
- 5.4 Исследование слуха.
- 5.5 Исследование анализаторов.
- 5.6 Исследование вегетативной нервной системы.

Нервная система условно подразделяется на центральную и периферическую. К центральной нервной системе (ЦНС) относят спинной и головной мозг, к периферической - парные нервы, отходящие от головного и спинного мозга, спинномозговые и черепные нервы с их корешками, их ветви, нервные окончания и ганглии (нервные узлы, образованные телами нейронов). Нейроны связаны между собой с помощью отростков, которые образуют множество межклеточных контактов - синапсов, передающих нервные импульсы от одного нейрона к другому.

В мозгу находятся чувствительные центры, анализирующие изменения, которые происходят как во внешней, так и во внутренней среде. Мозг управляет всеми функциями организма, включая мышечные сокращения и активность желез внутренней секреции.

Главная функция нервной системы состоит в быстрой и точной передаче информации. Сигнал от рецепторов к сенсорным центрам, от этих центров - к моторным центрам и от них - к эффекторным органам, мышцам и железам должен передаваться быстро и точно.

В коре головного мозга насчитывается до 50 миллиардов нервных клеток (нейронов), объединенных в сложнейшую сеть. Отдельные клетки при помощи отростков соединяются между собой, каждая из них связана с несколькими тысячами других клеток коры большого мозга, образуя сложные функциональные системы. Нервные клетки могут находиться в состоянии возбуждения или торможения. Эти два основных процесса характеризуются силой, подвижностью и уравновешенностью.

В основе функционирования нервной системы лежат безусловные и условные рефлексы.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЦНС И НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА

Обследовать спортсмена можно в состоянии относительного покоя, во время решения различных сложных задач, а также при физических нагрузках. Это дает возможность определить критический уровень отдельных функций, что имеет для спортсменов большое значение.

Не секрет, что каждое соревнование является «критической ситуацией», требующей от спортсмена максимальной концентрации физических и психических сил.

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

*Электроэнцефалография (ЭЭГ)* - метод регистрации электрической активности (биотоков) мозговой ткани с целью объективной оценки функционального состояния головного мозга. Она имеет большое значение для диагностики травм головного мозга, сосудистых и воспалительных заболеваний мозга, а также для контроля за функциональным состоянием спортсмена, выявления ранних форм неврозов, для лечения, при отборе в спортивные секции (особенно бокса, каратэ и других видов спорта, связанных с нанесением ударов по голове).

При анализе данных ЭЭГ, полученных как в состоянии покоя, так и при функциональных нагрузках и различных воздействиях извне в виде света, звука и др., учитываются амплитуда волн, их частота и ритм. У здорового человека преобладают альфа-волны (частота колебаний 8-12 в 1 с), регистрируемые только при закрытых глазах обследуемого. Это явление называется реакцией активации основного ритма. В норме она должна регистрироваться.

Бета-волны имеют частоту колебаний 15-32 в 1 с, медленные волны - диапазон колебаний 4-7 с и дельта-волны - еще меньшую частоту колебаний.

При травмах головы альфа-ритм отсутствует, но появляются колебания большой частоты и амплитуды и медленные волны.

Кроме того, методом ЭЭГ можно диагностировать ранние признаки неврозов (переутомление, перетренированность) у спортсменов.

*Реоэнцефалография (РЭГ)* - метод исследования церебрального кровотока, основанный на регистрации ритмических изменений электрического сопротивления мозговой ткани вследствие пульсовых колебаний кровенаполнения сосудов.

Реоэнцефалограмма состоит из повторяющихся волн и зубцов. При ее оценке учитывают характеристику зубцов, амплитуду реографической (систолической) волн и др.

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

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

По ЭМГ можно на ранних этапах определить (и предупредить возникновение травм мышц и сухожилий) изменения биопотенциалов мышц, судить о функциональной способности нервно-мышечного аппарата, особенно мышц, наиболее загруженных в тренировке. По ЭМГ, в сочетании с биохимическими исследованиями (определение

гистамина, мочевины в крови), можно определить ранние признаки неврозов (переутомление, перетренированность). Кроме того, множественной миографией определяют работу мышц в двигательном цикле (например, у гребцов, боксеров во время тестирования).

ЭМГ характеризует деятельность мышц, состояние периферического и центрального двигательных нейронов.

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

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

В норме хронаксия различных мышц составляет 0,0001-0,001 с. Установлено, что проксимальные мышцы имеют меньшую хронаксию (изохронизм). Мышцы-синергисты также имеют одинаковую хронаксию. На верхних конечностях хронаксия мышц-сгибателей в два раза меньше хронаксии разгибателей, на нижних конечностях отмечается обратное соотношение.

У спортсменов резко снижается хронаксия мышц и может увеличиваться разница хронаксии (анизохронаксия) сгибателей и разгибателей при перетренировке (переутомлении), миозитах, паратенонитах икроножной мышцы и др.

Устойчивость в статическом положении можно изучать с помощью стабиллографии, треморографии, пробы Ромберга и др.

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

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

Порог уровня чувствительности вестибулярного анализатора в основном зависит от наследственности, но под влиянием тренировок его можно повысить.

*Пальцево-носовая проба.* Обследуемому предлагается дотронуться указательным пальцем до кончика носа с открытыми, а затем с закрытыми глазами. В норме отмечается попадание, дотрагивание до кончика носа. При травмах головного мозга, неврозах

(переутомлении, перетренированности) и других функциональных состояниях отмечается промахивание (непопадание), дрожание (тремор) указательного пальца или кисти.

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

*Кинестетическая чувствительность* исследуется кистевым динамометром. Вначале определяется максимальная сила. Затем спортсмен, глядя на динамометр, 3-4 раза сжимает его с усилием, равным, например, 50% от максимального. Затем это усилие повторяется 3-5 раз (паузы между повторениями - 30 с), без контроля зрением. Кинестетическая чувствительность измеряется отклонением от полученной величины (в процентах). Если разница между заданным и фактическим усилиями не превышает 20%, кинестетическая чувствительность оценивается как нормальная.

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

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

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

Треморорафия эффективна для оценки степени эмоционального возбуждения, утомления и болевого синдрома, возникающего при травмах и заболеваниях опорно-двигательного аппарата у спортсменов. Запись тремора осуществляется с помощью сейсмодатчика на ЭКГ-аппарате. На палец испытуемому надевается индукционный сейсмодатчик. Механические колебания (тремор) руки и пальца, преобразованные в электрические сигналы, усиливаются и регистрируются на ленте электрокардиографа. Запись производится в течение 5-10 с. Затем анализируется форма полученной кривой по амплитуде и частоте. При утомлении и возбуждении амплитуда и частота тремора увеличиваются. Улучшение тренированности сопровождается, как правило, снижением

величины тремора. Следует заметить, что ТГ имеет выраженный индивидуальный характер. Запись тремора до и после тренировочного занятия в течение микро- и макроциклов дает ценную информацию о функциональном состоянии спортсмена и позволяет корректировать тренировочный процесс.

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

Запись актограмм осуществляется на электрокимографе, где в качестве воспринимающей части применяется велосипедная камера длиной 1,5 м, давление в которой составляет 15-20 мм рт. ст. Камера соединяется резиновой трубкой с капсулой Марая. Чернильными писчиками производится запись актограмм на бумаге.

При анализе актограмм учитываются продолжительность засыпания, длительность состояния полного покоя, общее время сна и др. Чем выше показатель покоя, тем лучше сон. При утомлении, перетренированности происходит нарушение сна. Под влиянием восстановительных мероприятий он нормализуется.

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

Для оценки КЧСМ применяют портативный прибор ПИНР-8 конструкции М.Б. Забутого, состоящий из блока хронометрирования реакции и блока частотомера, который создает пульсацию красного светодиода с фиксированной частотой, не известной испытуемому. Ежедневное значение КЧСМ определяется как усредненное значение пяти пар частот (увеличение-уменьшение), что способствует выявлению наиболее точного показателя. КЧСМ исследуется в условиях бинокулярного сигнала, достижение критической частоты (в герцах) оценивается по словесной реакции обследуемого.

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

*Динамометрия икроножных мышц* проводится для контроля за функциональным состоянием нервно-мышечного аппарата, эффективностью восстановительных мероприятий и укреплением мышц. Максимальная сила мышц в изометрическом режиме измеряется специальным динамометром конструкции В.И. Дубровского и И.И. Дерябина (1973). В исходном положении сидя спортсмен ставит ногу на пластмассовую основу прибора и производит максимальное давление. У здоровых мужчин сила икроножных мышц составляет  $57 \pm 3,6$  кг, у женщин -  $38,3 \pm 2,3$  кг. Гиподинамия, длительные перерывы в тренировках приводят к снижению силы икроножных мышц.

Максимальное усилие икроножной мышцы, развиваемое при сгибании стопы, относится к числу наиболее информативных показателей состояния нервно-мышечной системы.

Данный метод позволяет контролировать тренировочный процесс. *Миография (МГ)*. Миограммы записываются на электрокимографе. На бедро (или голень) спортсмена накладывается манжетка от аппарата Рива - Роччи или манжетка для измерения височного давления, соединенная с электрокимографом, и на бумаге через капсулу Маррея записываются миограммы. В течение 20 с спортсмен в максимальном темпе сокращает и расслабляет мышцы. По мере утомления частота сокращения и амплитуда кривых уменьшаются. В зависимости от функционального состояния, степени тренированности или утомления амплитуда, частота и высота кривых резко меняются.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕФЛЕКСОВ

Рефлекс - это основа деятельности всей нервной системы. Рефлексы разделяются на безусловные (врожденные реакции организма на различные экстероцептивные и интероцептивные раздражения) и условные (новые временные связи, вырабатываемые на основе безусловных рефлексов в результате индивидуального опыта каждого человека). В зависимости от участка возникновения рефлекса (рефлексогенной зоны) все безусловные рефлексы можно разделить на поверхностные, глубокие, дистантные и рефлексы внутренних органов. В свою очередь поверхностные рефлексы разделяют на кожные и слизистых оболочек; глубокие - на сухожильные, периостальные и суставные; дистантные - на световые, слуховые и обонятельные.

Основное значение имеет исследование поверхностных и глубоких безусловных рефлексов.

При исследовании *брюшных рефлексов* для полного расслабления стенки живота спортсмену необходимо согнуть ноги в коленных суставах. Врач затупленной иглой или гусиным пером производит штриховые раздражения на 3-4 пальца выше пупка параллельно реберной дуге. В норме наблюдается сокращение брюшных мышц на соответствующей стороне.

При исследовании подошвенного рефлекса врач производит раздражение вдоль внутреннего или наружного края подошвы. В норме наблюдается сгибание пальцев стопы.

*Глубокие рефлексы (коленный, ахиллова сухожилия, бицепса, трицепса)* относятся к числу наиболее постоянных. Коленный рефлекс вызывается нанесением удара молоточком по сухожилию четырехглавой мышцы бедра ниже коленной чашечки; ахиллов рефлекс - ударом молоточка по ахиллову сухожилию; трицепс-рефлекс вызывается ударом по сухожилию трехглавой мышцы над олекраноном; бицепс-рефлекс - ударом по сухожилию в локтевом сгибе. Удар молоточком наносится отрывисто, равномерно, точно по данному сухожилию.

*Кожные рефлексы.* Кожная температура отражает состояние терморегуляции и теплоотдачи. При определении кожной температуры специальным термоэлектрическим прибором выявляется асимметрия на определенных участках, сегментах, в биологически активных точках, общая кожная гипер- или гипотермия.

*Местный дермографизм* вызывается тупым концом стеклянной палочки (или шпателем). При штриховом раздражении кожи у здоровых людей через несколько секунд на этом месте появляется белая полоса, что связано с сокращением капилляров (белый дермографизм). Это указывает на повышенный сосудистый тонус (симпатикотонию). Если раздражение нанести сильнее и медленнее, то может появиться красная полоса (красный дермографизм), что свидетельствует о нарушении сосудистого тонуса (вегетонии) и дилатации капилляров.

При хроническом утомлении у спортсменов отмечается снижение сухожильных рефлексов, а при неврозах - усиление. При остеохондрозе, пояснично-крестцовом

радикулите, невритах и других заболеваниях отмечается снижение или исчезновение рефлексов.

Висцеральные рефлексы и симптомы их нарушения

*Глазодвигательный рефлекс Ашнера.* Врач определяет ЧСС в исходном положении лежа с закрытыми глазами, затем надавливает на глазные яблоки пациента и через 10-15 с, не прекращая надавливания, еще раз подсчитывает ЧСС. В норме должно происходить замедление пульса на 4-10 уд/мин. Замедление пульса более чем на 10 уд/мин указывает на повышенную возбудимость парасимпатического отдела нервной системы, а замедление пульса всего на 2-4 уд/мин или учащение пульса - извращенная реакция - говорит о преобладании тонуса симпатической нервной системы.

*Клиностагический рефлекс Даниелополу.* Определяют ЧСС в исходном положении стоя, затем пациент должен лечь, через 10-25 с пульс подсчитывают вновь. В норме отмечается замедление пульса на 4-6 уд/мин. Замедление пульса более чем на 6 уд/мин свидетельствует о повышенной возбудимости парасимпатической нервной системы, а отсутствие реакции или ее парадоксальный характер (ускорение) говорит о преобладании тонуса симпатической нервной системы.

*Ортостагический рефлекс Превеля.* Подсчитывается пульс в исходном положении лежа (пациент должен полежать 4-5 мин), затем - в положении стоя. В норме отмечается учащение пульса на 6-24 уд/мин. Учащение пульса более чем на 24 уд/мин свидетельствует о преобладании тонуса симпатической нервной системы, менее чем на 6 уд/мин - о преобладании тонуса парасимпатической.

*Холодовая проба.* Руку обследуемого погружают в холодную воду (из-под крана). В это время на другой руке измеряют АД, а затем на 1-5-й минуте. В норме систолическое давление должно повыситься на 15-25 мм рт. ст. При симпатикотонии АД повышается более чем на 25 мм рт. ст.

*Зрачковые рефлексы* исследуются с помощью ряда тестов: реакция зрачков на свет, реакция зрачков на конвергенцию, аккомодацию, боль. Зрачок здорового человека имеет правильную круглую форму с диаметром 3-3,5 мм. В норме зрачки одинаковы по диаметру.

К патологическим изменениям зрачков относятся миоз - сужение зрачков, мидриаз - их расширение, анизокория (неравенство зрачков), деформация, расстройство реакции зрачков на свет, конвергенция и аккомодация.

Исследование зрачковых рефлексов показано при отборе для занятий в спортивных секциях, при проведении углубленного медицинского обследования (УМО) спортсменов, а также при травмах головы у боксеров, хоккеистов, борцов, бобслеистов, акробатов и в других видах спорта, где случаются частые травмы головы.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ, ЦВЕТООЩУЩЕНИЯ, ПОЛЯ ЗРЕНИЯ

*Острота зрения* исследуется с помощью таблиц, удаленных от исследуемого на расстояние 5 м. Если он различает на таблице 10 рядов букв, то острота его зрения равна единице, если же различает только крупные буквы, 1-й ряд, то острота зрения составляет 0,1, и т. д.

Острота зрения имеет большое значение при отборе для занятий спортом. Так, например, для прыгунов в воду, штангистов, боксеров, борцов при зрении -5 и ниже занятия спортом противопоказаны.

*Цветовосприятие* исследуется с помощью выбора цветных полосок бумаги. При травмах (поражениях) подкорковых зрительных центров и корковой зоны частично или полностью нарушается распознавание цветов, чаще красного и зеленого.

При нарушении цветовосприятия противопоказаны авто- и велоспорт и многие другие виды спорта.

*Поле зрения* определяется периметром. Это металлическая дуга, прикрепленная к стойке и вращающаяся по горизонтальной оси. Внутренняя поверхность дуги разделена на градусы (от нуля в центре до 90°). Отмеченное на дуге число градусов показывает границу поля зрения. Границы нормального поля зрения для белого цвета: внутренняя - 60°, нижняя - 70°, верхняя - 60°. 90° свидетельствуют об отклонениях от нормы.

Оценка зрительного анализатора важна в игровых видах спорта, акробатике, спортивной гимнастике, прыжках на батуте, фехтовании и др.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУХА

*Острота слуха* исследуется на расстоянии 5 м. Врач шепотом произносит слова и предлагает их повторить. В случае травмы или заболевания отмечается снижение слуха (неврит слухового нерва). Наиболее часто отмечается у боксеров, игроков в водное поло, стрелков и др.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ

Сложная функциональная система, состоящая из рецептора, афферентного проводящего пути и зоны коры головного мозга, куда проецируется данный вид чувствительности, обозначается как анализатор.

Центральная нервная система (ЦНС) получает информацию о внешнем мире и внутреннем состоянии организма от специализированных к восприятию раздражений органов рецепции. Многие органы рецепции называют органами чувств, потому что в результате их раздражения и поступления от них импульсов в большие полушария головного мозга возникают ощущения, восприятия, представления, т. е. различные формы чувственного отражения внешнего мира.

В результате поступления в ЦНС информации от рецепторов возникают различные акты поведения и строится общая психическая деятельность.

Рецепторами являются воспринимающие раздражения нервные окончания (в тканях, органах), реагирующие на определенные изменения в окружающей среде. Рецептор - это периферическое звено анализатора, а в ЦНС - его конечное звено. В коре головного мозга проецируется определенный вид чувствительности, и он обозначается как анализатор (по И.П. Павлову).

Рецепторные анализаторы отличаются по морфологической дифференцировке и физиологической специализации. Морфологическая дифференциация рецепторов проявляется в различных структурах. Многие рецепторы находятся в специализированных многоклеточных органах - органах рецепции, приспособленных к передаче раздражающих воздействий рецепторным клеткам или нервным окончаниям. Специализация рецепторов проявляется, во-первых, в их приспособлении к восприятию определенного вида раздражений - светового, механического, теплового, холодового и др.; во-вторых, в степени их возбудимости.

*Классификация рецепторов.* Рецепторы делят на внутренние и внешние. Внутренние рецепторы - интерорецепторы - посылают импульсы,

сигнализирующие о состоянии внутренних органов (висцерорецепторы), а также о положении и движении тела и отдельных его частей в пространстве (вестибулорецепторы и проприорецепторы). Внешние рецепторы - экстерорецепторы - воспринимают раздражения, поступающие из внешней среды, и посылают в головной мозг импульсы, сигнализирующие о свойствах предметов и явлений окружающего мира, о воздействии их на организм.

Кроме того, возможно деление органов рецепции соответственно характеру и модальности ощущений, которые возникают при раздражении данной группы рецепторов. Согласно этой психофизиологической классификации, различают: органы зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания, восприятия тепла, холода и боли и контролирующие положение тела в пространстве. Некоторые рецепторы способны воспринимать раздражения, исходящие от предметов, находящихся на значительном расстоянии от организма, их называют дистантными. Это зрительные, слуховые, обонятельные рецепторы. Другие рецепторы - контактные - способны воспринимать раздражение только от предметов, которые непосредственно соприкасаются с рецепторным аппаратом.

В процессе регулярных физических тренировок функция анализаторов, их согласованность, взаимодействие и т. д. совершенствуются. Во всех видах спорта важная роль принадлежит зрительному, слуховому, вестибулярному, двигательному и кожному анализаторам.

*Зрительный анализатор.* Для определения функционального состояния зрительного анализатора исследуют остроту зрения, поле зрения, цветоощущение, глазодвигательные, зрачковые рефлекс и др.

В ряде видов спорта при регулярных тренировках, особенно в тех видах, где зрительному анализатору принадлежит ведущая роль (спортивные игры, фигурное катание, бокс, горнолыжный спорт, акробатика, батут и др.), поле зрения расширяется, совершенствуется глазодвигательный аппарат.

*Слуховой анализатор.* Понижение слуха у спортсменов, сопровождающееся нарушением слуховой ориентации и, как следствие этого, запоздалой реакцией на звуковой сигнал, может явиться причиной травмы и пр. Наиболее опасно понижение слуха при занятиях боксом. У стрелков, боксеров, игроков в водное поло и других спортсменов диагностируются неврит и травмы слухового нерва.

*Вестибулярный анализатор.* Для его исследования проводят специальные координационные пробы и пробы с вращением: вращение в кресле Барани, проба Ромберга, пальцево-носовая проба и др.

От состояния вестибулярного анализатора в большей мере зависят ориентирование в пространстве, а также устойчивость равновесия тела. Это особенно важно в некоторых сложных видах спорта (акробатика, батут, прыжки в воду, фигурное катание, прыжки с трамплина, спортивная гимнастика и др.).

При нарушениях функции вестибулярного аппарата наблюдаются нистагм (непроизвольные ритмические судорожные движения глазного яблока), промахивание при пальцево-носовой пробе, неустойчивость в простой и усложненной позах Ромберга.

При тренировках функция вестибулярного аппарата и его устойчивость улучшаются.

*Двигательный (проприоцептивный, или суставно-мышечный) анализатор* сигнализирует в ЦНС каждый момент движения, положения и напряжение всех составных частей организма, участвующих в движении: в больших полушариях мозга есть двигательная область.

При регулярных занятиях активными физическими упражнениями кора головного мозга, в силу пластичности ее деятельности, влияет на функциональные изменения, направляя реакцию систем и координируя их деятельность: команда и показ упражнений воспринимаются слуховым и зрительным анализаторами, это раздражение переходит на двигательные клетки, что и вызывает требуемое движение.

При определении точности воспроизведения заданных движений в пространстве используют кинематометр. Для оценки функционального состояния двигательного анализатора исследуется проприоцептивная чувствительность. С помощью кинематометра определяется точность воспроизведения заданных движений в пространстве. Исследование заключается в том, что спортсмен изменяет до определенного угла положение конечности, на которой укреплен кинематометр, а затем через 10 с повторяет данное движение - сначала с участием зрения, потом с закрытыми глазами. Точность воспроизведения зависит от тренировки. Двигательный анализатор играет большую роль в таких видах спорта, как акробатика, прыжки в воду, спортивная гимнастика, батут, прыжки на лыжах и др.

*Кожный анализатор* исследуется путем определения болевой, температурной и тактильной чувствительности на симметричных областях тела. Показатели кожного анализатора играют большую роль в диагностике патологии.

*Проприоцептивная чувствительность* исследуется угломером. Спортсмен в исходном положении стоя поднимает руку в сторону и сгибает ее под углом  $90^\circ$ , а затем повторно сгибает локтевой сустав до определенного угла, контролируя движение взглядом. Обычно выбирают три положения - острый (до  $90^\circ$ ), прямой ( $90^\circ$ ) и широкий угол (больше  $90^\circ$ ). Потом этот тест повторяется 6-8 раз, но уже без зрительного контроля. Нормальной считается такая проприоцептивная чувствительность, когда ошибка не превышает  $10^\circ$ . Если ошибка превышает эту величину, проприоцептивная чувствительность оценивается как низкая. Тест применяется в акробатике, спортивной гимнастике, прыжках в воду, фигурном катании, прыжках на батуте и др., где необходимо фиксировать различные положения (позы) частей тела без зрительного контроля.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ (ВНС)

ВНС - часть нервной системы, деятельность которой направлена на регуляцию жизненно важных функций организма - кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, обмена веществ, терморегуляции - для поддержания гомеостаза и обеспечения физической и психической деятельности организма (рис. 5.1).

ВНС делится на симпатический и парасимпатический, центральный (надсегментарный) и периферический (сегментарный) отделы.

Кора головного мозга оказывает общее интегрирующее влияние на все высшие вегетативные центры.

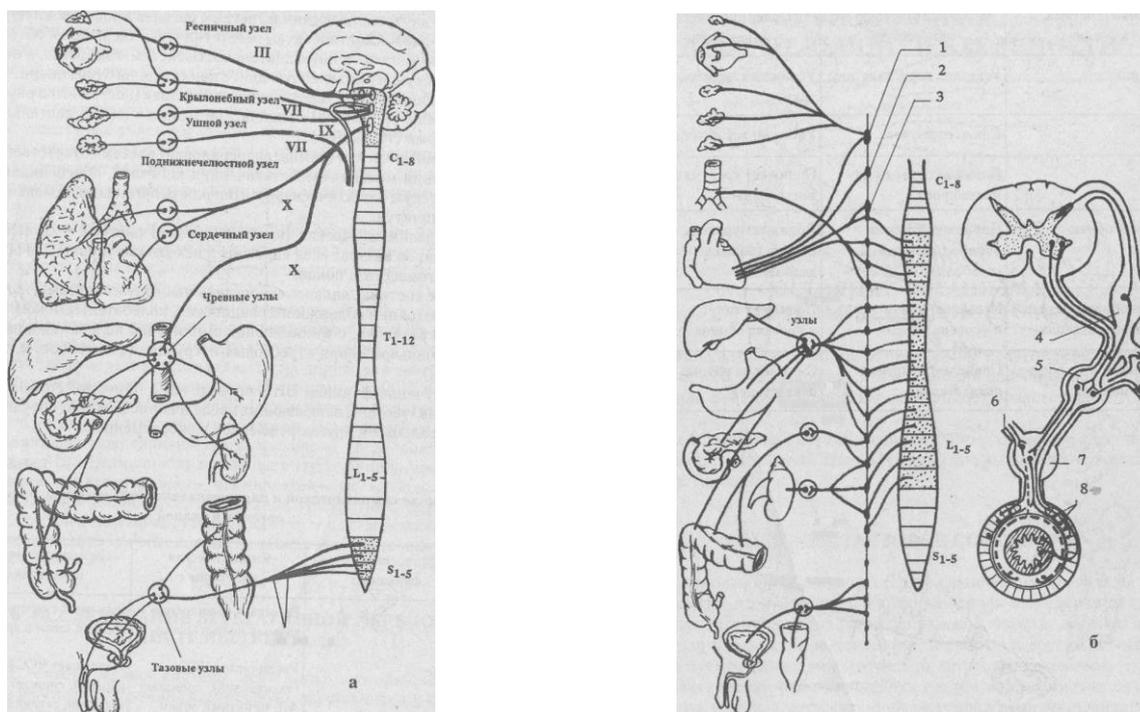


Рисунок 1 – Парасимпатическая (а) и симпатическая эфферентная иннервация внутренних органов (б)

Примечание: а - парасимпатическая часть автономной нервной системы; б: 1 - верхний шейный узел; 2 - срединный шейный узел; 3 - шейно-грудной узел; 4 - спинномозговой узел; 5 - узел симпатического ствола; 6 - парасимпатические постганглионарные нервные волокна; 7 - предverteбральные узлы; 8 - интерстициальный узел

Все внутренние органы и системы органов имеют двойную (сим-патико-парасимпатическую) вегетативную иннервацию, обеспечивающую упорядоченную деятельность систем, гомеостаз, и общую физическую и психическую деятельность целого организма.

Функция ВНС - обеспечение гомеостаза (постоянства внутренней среды организма), физической и психической деятельности организма (табл. 1).

Симпатическая (симпатоадреналовая) система ответственна за колебания многих гомеостатических констант, обеспечивающих физическую и психическую деятельность организма до максимальных амплитуд.

Парасимпатическая (вагоинсулярная) система - базисная - отвечает за возврат всех констант к исходному уровню для обеспечения гомеостаза покоя.

Обе системы, являясь относительными антагонистами, находятся в состоянии подвижного равновесия, колебательный контур которого различен, с минимальной амплитудой колебания в покое и максимальной - при стрессовых нагрузках (физических и психических).

Изучение функции ВНС проводится с помощью специальных методов (тестов), включающих исследование кожных, сосудистых, висцеральных и других рефлексов у спортсменов.

Таблица 1 – Влияние симпатической и парасимпатической систем на функции органов и тканей

Орган, система, функция	Симпатическая иннервация	Парасимпатическая иннервация
Глаза	Вызывает расширение глазной щели и зрачка	Вызывает сужение глазной щели и зрачка
Сердце	Увеличивает ЧСС(тахикардия), повышает АД, минутный объем	Уменьшает ЧСС (бради-кардия), снижает кровяное давление, минутный объем
Коронарные сосуды	Расширяет сосуды	Сужает сосуды
Кровеносные сосуды	Сужает сосуды	Расширяет сосуды
Кишечник	Угнетает перистальтику	Усиливает перистальтику
Почки	Снижает диурез	Увеличивает диурез
Кровь	Повышает свертываемость крови	Понижает свертываемость крови
Основной обмен	Повышает уровень обмена(большой катаболизм)	Понижает уровень обмена (большой анаболизм)
Тонус и обмен веществ в скелетных мышцах	Повышает тонус и уровень обмена	Понижает тонус и уровень обмена
Физическая и психическая активность	Повышает значения показателей	Снижает значения показателей

## Часть 6

### Лекция №9 (2 часа)

## Состояние организма при занятиях спортом.

### План лекции:

- 6.1 Предстартовое состояние, разминка.
- 6.2 Физиологическая характеристика мышечной работы: динамическая и статическая работа.
- 6.3 Тренировка. Физическая работоспособность.
- 6.4 Адаптивные процессы при тренировке.
- 6.5 Пол и возраст.

### СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА ПРИ ЗАНЯТИЯХ СПОРТОМ

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

Предстартовое состояние характерно для любой физической деятельности (работы). Наиболее ярко оно выражено в спорте высших достижений.

#### ПРЕДСТАРТОВОЕ СОСТОЯНИЕ

Готовность спортсмена к старту, физическим нагрузкам (тренировкам) - это готовность в кратчайшее время перейти от покоя к работе, достичь оптимальной работоспособности, перейти от одного вида или уровня интенсивности работы к другим, обеспечивая требуемое качество физической нагрузки. Готовность - одна из характеристик работоспособности, так как во многих случаях важно не только выполнить работу (упражнения) определенной интенсивности и (или) длительности, но также вовремя или, возможно, раньше ее начать. Переход на требуемый уровень - вработывание (вработываемость) - ускоряется за счет предварительной разминки, массажа с гиперемизирующими мазями, а на производстве - вводной (предварительной) гимнастики. Готовность ускоряет вработывание и обеспечивает оптимальный уровень предстартового состояния.

#### РАЗМИНКА

Для регуляции температурного гомеостаза перед выполнением физических упражнений (тренировка или, особенно, соревнования) наиболее важной является разминка, т. е. предстартовая (предварительная) подготовка тканей ОДА и кардиореспираторной системы.

Известно, что в покое мышцы получают 15%, а при мышечной работе (деятельности) до 88% минутного объема крови и объемная скорость при этом увеличивается в 20-25 раз. Температура мышц в покое равна 33-34°C, а после разминки повышается до 38,5°C и становится оптимальной для протекания окислительных процессов в тканях. Максимальная скорость течения метаболических (обменных)

процессов и ферментативного катализа наблюдается при температуре 37-38°C. При снижении температуры она резко замедляется. По теории Ван Гоффа, снижение температуры тканей на 10°C вызывает уменьшение интенсивности обменных процессов на 50%.

Разминка включает специальные упражнения (бег, прыжки, общеразвивающие упражнения, упражнения на растягивание и т. п.) и состоит из двух частей: общей и специальной.

*Общая часть разминки* может быть почти одинаковой во всех видах спорта, а *специальная* ее часть должна быть тесно связана с видом спорта. Так, футболист выполняет упражнения с мячом на месте, в движении, выполняет удары, пасы, ускорения с мячом и т. д., хоккеист - броски шайбы с различных позиций, с места, в движении, в движении с обводкой и т. п.

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

Разминка способствует повышению скорости ферментативных реакций и интенсивности обмена веществ, ускорению крово- и лимфообращения и терморегуляции. При этом повышается способность соединительных тканей (особенно мышц, связок, сухожилий) к растяжению. Возбудимость и лабильность скелетных мышц также повышается. Особо велико значение разминки для деятельности функциональных систем, обеспечивающих аэробную производительность организма. Повышение температуры способствует более интенсивной диссоциации оксигемоглобина в тканях.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) во время разминки может возрастать до 160-180 уд/мин. Важным является интервал отдыха между разминкой и началом выступления спортсмена - он не должен быть более 15 мин. Более длительный интервал отдыха ведет к восстановлению всех функциональных систем, в особенности, кардиореспираторной и терморегуляционной.

Следует заметить, что на любую физическую работу (нагрузку) человек тратит энергию и разминка не является исключением, поэтому она не должна быть утомительной. Поэтому при общей части разминки спортсмену следует надеть тренировочный (лучше шерстяной) костюм, а в прохладный день с ветром еще и ветрозащитный костюм.

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

Большое значение при разминке имеет не только объем работы, но и соответствующий предстоящему упражнению (виду деятельности) ритм движений и интенсивность их осуществления. Оптимальный ритм и интенсивность движений обеспечивают как налаживание межмышечной координации, так и взаимодействие функциональных единиц, составляющих каждую мышцу. Важное значение для налаживания координации движений имеют упражнения на расслабление и растягивание мышц.

В зависимости от темпа, ритма и продолжительности разминка может влиять на психоэмоциональное состояние спортсмена. Реакция ЦНС на разминку оценивается как состояние: 1) боевой готовности; 2) предстартовой лихорадки и 3) предстартовой апатии. В спорте, как и в любой деятельности, существует волнение - это нормальное физиологическое состояние. Оно присуще каждому спортсмену, независимо от возраста,

пола и квалификации. Предстартовая апатия - это болезненное состояние: или спортсмен плохо тренирован, или перенес какое-то заболевание и находится в плохой спортивной форме. Если спортсмен в плохой спортивной форме, т. е. плохо подготовлен функционально, то никакая разминка, никакая мотивация успешно выступить в соревнованиях ему не поможет.

Можно ли чем-то заменить разминку? Нет. Ни массаж, ни баня не могут ее заменить. Во время разминки не только «прогреваются» мышцы, но и, самое главное, повышаются частота сердечных сокращений, артериальное давление и другие функциональные показатели, которые призваны затем после разминки «работать» на высоком пульсе (от 160 до 200 уд/мин). А массаж и баня - это пассивные процедуры.

После разминки и отдыха, при участии в соревнованиях, пульс не должен быть ниже 130 уд/мин, это особенно важно для спортсменов, выступающих в циклических видах спорта (бег, гребля, плавание, велогонка, лыжные гонки и др.), иначе процесс вработы- ваемости затягивается и нередко у слабо подготовленных спортсменов или спортсменов, перенесших заболевания, возникают боли в правом подреберье или даже в области сердца или колики в брюшной полости и т. п.

Спортсмен выступает в соревнованиях (циклические виды спорта; борьба, бокс и другие виды) на пульсе от 160 до 200 уд/ мин и выше, легочная вентиляция возрастает до 100-160 л/мин и более.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ

Мышечная работа (М.р.) - перемещение и поддержание положений тела и его частей благодаря работе мышц, обеспечиваемой координацией всех физиологических процессов в организме. Различные группы мышц находятся в сложном взаимодействии между собой и с различными механическими силами - тяжести, инерции и пр. Различают *динамическую работу* при движениях в суставах и *статические усилия* для поддержания неподвижного положения. Важной характеристикой динамической работы являются величины затрат энергии на ее выполнение.

### Динамическая работа

Вид мышечной работы, характеризуемый периодическими сокращениями и расслаблениями скелетных мышц с целью перемещения тела или отдельных его частей, а также выполнения определенных рабочих действий. Физиологические реакции при динамической работе (возрастание ЧСС, АД, ударного и минутного объема крови, изменения регионарного и общего сосудистого сопротивления и др.) зависят от силы и частоты сокращений, размеров работающих мышц, степени тренированности человека, положения тела, в котором выполняется работа, условий окружающей среды.

М.р. принято называть *общей*, если в ней участвует более двух третей всей скелетной мускулатуры, *регионарной* - от одной до двух третей и *локальной* - менее трети всей массы скелетной мускулатуры.

Количественные показатели М.р. характеризуют двигательную активность.

*Двигательная активность (Д.а.)* - общее количество мышечных движений, регулярно выполняемых данным человеком. Уровень Д.а. связан с особенностями труда, быта и отдыха.

Отклонения от оптимального диапазона действуют неблагоприятно.

*Чрезмерная мышечная работа* приводит к переутомлению и перенапряжению, *недостаточная Д.а. (гиподинамия)* - к физической детренированности. Резко выраженные крайности сопровождаются стрессом.

Уровень двигательной активности (Д.а.) оценивают по сумме затрат энергии и иногда по сумме сокращений сердца сверх уровня покоя, в среднем - за определенное время. Часто

используют подсчет какого-либо вида мышечных движений, составляющих существенную часть общей Д.а. за час, сутки или иной период (например, количество пройденных шагов, в спорте - сумма пробегаемых или проплываемых отрезков дистанции) и т. п.

#### Статическая работа

Вид мышечной работы, характеризуемый непрерывным сокращением скелетных мышц с целью удержания тела или отдельных частей, а также выполнения определенных трудовых действий. При статической работе, в отличие от динамической, имеют место весьма незначительные увеличения потребления кислорода и минутного объема крови. При этом существенно возрастают ЧСС, АД, ЧД и общее периферическое сопротивление сосудов. Физиологические реакции сердечно-сосудистой системы при статической работе зависят от силы и продолжительности сокращения мышц. В случае работы до сильного утомления при равных величинах относительных усилий эти реакции мало зависят от размеров работающих мышц.

### ТРЕНИРОВКА

В процессе систематических (3-4 раз в неделю) занятий (тренировок) физкультурой и спортом происходит постепенная адаптация к физическим нагрузкам.

*Тренировка* - это систематическое воздействие физических упражнений (в спорте высших достижений - 2-3 раза в день) на организм тренирующегося в течение недель, месяцев и лет (макро- и микроциклы, олимпийские циклы). Одна из важнейших задач тренировки - это повышение работоспособности.

Тренировки должны носить специальную направленность, в процессе тренировок идет многократная повторяемость, интервалы отдыха между выполняемыми упражнениями небольшие, пульс не ниже 150-160 уд/мин.

Если тренировка проходит при пульсе 120-130 уд/мин, то это оздоровительная физкультура, она не дает тренирующего эффекта.

Содержание тренировки, ее структура должны периодически изменяться в связи с принципом цикличности.

В спорте высших достижений выделяют два периода тренировок: 1) подготовительный и 2) соревновательный. Продолжительность этих периодов зависит от возраста спортсмена, его квалификации, опыта и других показателей. В подготовительном периоде главная задача - выработка выносливости, скоростно-силовых качеств и др. Используются тренажеры, различные приспособления, штанга. Как правило, при тренировках 2-3 раза в день часть занятия отводится развитию силы, скоростно-силовой подготовке, а большая часть отводится специальной тренировке (если бегун, то бегу; если пловец, то плаванию; если прыгун, то прыжкам и т. д.).

На завершающем этапе подготовительного периода тренировка носит приближенный к соревнованиям характер, т. е. интервалы между выполненными упражнениями сокращаются, возрастает интенсивность их выполнения.

В соревновательном периоде тренировка носит характер умеренный, непродолжительный, как правило, проводится утром; в некоторых видах спорта в день соревнований тренировка не проводится (лыжные гонки, велогонки и др.). Кроме того, после лыжной гонки, например, спортсмен выполняет ряд упражнений и легкий бег, особое внимание уделяют упражнениям на растягивание.

*Тренировка* способствует развитию физических качеств: *выносливости, силы, быстроты, ловкости*. Это целенаправленное воздействие на физическое развитие (ОДА) и функциональные системы.

## ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

*Работоспособность* - это потенциальная способность человека на протяжении заданного времени и с определенной эффективностью выполнять максимально возможное количество работы.

Работоспособность человека зависит от уровня его тренированности, степени закреплённости рабочих навыков и опыта (в спорте - техники и времени занятия спортом), его физического и психического состояния и других факторов.

### Спортивная форма

Этот термин обозначает готовность спортсмена к выполнению того или иного упражнения в максимальном темпе, длительности и т. п. Он носит собирательный характер, т. е. составляющими являются физические, функциональные, технические, тактические, психологические и другие качества. Спортивная форма может быть хорошей, если тренировки проходят на фоне полноценного здоровья спортсмена. Только здоровый спортсмен может переносить большие по объёму и интенсивности нагрузки, которые являются факторами стабилизации спортивной формы, функционального состояния.

Физиологические механизмы, обуславливающие при систематической мышечной тренировке (деятельности) повышение неспецифической резистентности организма, сложны и многообразны.

В поддержании гомеостаза и его регуляции важнейшая роль принадлежит нервной системе, железам внутренней секреции, особенно гипоталамо-гипофизарной и лимбической системам мозга.

В условиях спортивной тренировки, когда происходит долговременная адаптация организма к физическим нагрузкам, имеют место морфофункциональные сдвиги в состоянии системы микроциркуляции крови. Эти изменения, возникающие непосредственно во время мышечной деятельности, сохраняются в организме как следствие и после ее окончания. Накапливаясь в течение длительного времени, они постоянно приводят к формированию более экономного типа реагирования микрососудов. Специфика тренировки в том или ином виде спорта обуславливает дифференцированные преобразования микрососудов.

Исследования показывают, что большие (чрезмерные) физические нагрузки способствуют значительным сдвигам в морфологических структурах и в химизме тканей и органов, а также ведут к срыву адаптационно-приспособительных механизмов, что проявляется в возникновении инфекционных (ОРВИ, грипп и др.) заболеваний и повреждений опорно-двигательного аппарата (ОДА) (схема 1).

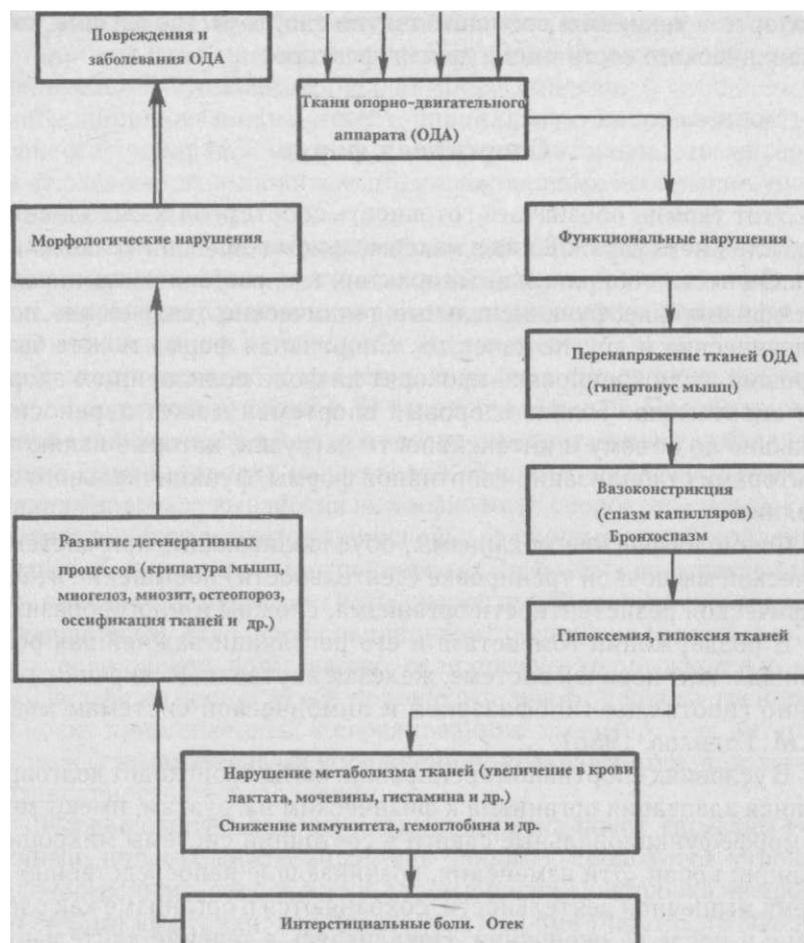


Схема 1 – Этиопатогенез повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата у высококвалифицированных спортсменов.

### Утомление. Утомляемость. Усталость

*Утомление* - особый вид функционального состояния человека, временно возникающий под влиянием продолжительной или интенсивной работы и приводящий к снижению ее эффективности. Утомление проявляется в уменьшении силы и выносливости мышц, ухудшении координации движений, в возрастании затрачиваемой энергии при выполнении одной и той же работы, в замедлении скорости переработки информации, ухудшении памяти, затруднении процесса сосредоточения и переключения внимания и пр. Критериями утомления являются изменения количественных и качественных показателей работы, а также физических функций во время работы или в ответ на предъявление специальных тестов.

Эффективным средством профилактики утомления при любых видах деятельности является повышение мотивации труда и физической подготовленности.

*Усталость* - субъективное ощущение утомления, отражает совокупность изменений физических, биохимических и психо-физиологических функций, возникающих во время длительной или интенсивной работы. Вызывает желание либо прекратить ее, либо снизить нагрузку.

*Утомляемость* - свойство организма в целом или отдельных его частей быть подверженными утомлению.

Глубина развивающегося утомления при одной и той же нагрузке зависит от степени адаптации человека к определенному виду деятельности и его тренированности, физического и психического состояния работающего, уровней мотивации и нервно-эмоционального напряжения. При физическом труде, тренировках любой тяжести (интенсивности), а также умственном труде утомляемость тем больше, чем ниже уровень общей физической работоспособности.

#### Нервно-эмоциональное напряжение

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

Нервно-эмоциональное напряжение, приводящее к дезорганизации деятельности, называется нервно-эмоциональной *напряженностью*.

#### Умственное утомление

Характеризуется снижением продуктивности интеллектуального труда, ослаблением внимания (главным образом, человеку трудно сосредоточиться), замедлением мышления. Физическое утомление проявляется нарушением функции мышц: снижением силы, скорости, точности, согласованности и ритмичности движений и т. д. Снижается работоспособность.

#### Хроническое утомление

*При хроническом утомлении (переутомлении)* возникают выраженные дистрофические и деструктивные изменения части мышечных волокон. Одной из причин их возникновения является гипоксия или нарушение микроциркуляции тканей ОДА.

Хроническое утомление, потеря эластичности мышц (имеет место гипертонус, мышечный дисбаланс и т. п.), мышечные боли, эпизодические спазмы мышц являются предполагающим фактором возникновения травм ОДА.

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

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

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

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

## НЕВРОЗ

*Переутомление и перетренированность* - это симптомы невроза, который характеризуется наличием соматических и вегетативных нарушений.

Невротические реакции обычно возникают при монотонных (однообразных), длительных, многообразных и многоцветных тренировках (2-3 раза в день), приводящих к постоянному эмоциональному напряжению.

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

Переутомление проявляется прежде всего в ухудшении спортивной работоспособности, прекращении роста достижений, несмотря на интенсивные тренировки. Ухудшаются общая работоспособность (по тесту РВС<sub>70</sub>, прикидок, степ-тесту), сон (по данным актографии), усиливаются потливость при выполнении физической нагрузки, сердцебиение (тахикардия), повышается содержание в крови мочевины, нередко имеют место изменения на ЭКГ, снижается пневмотонометрический показатель (ППП), отражающий функцию дыхательной мускулатуры, ЖЕЛ, ФЖЕЛ и другие показатели. Переутомление нарушает слаженность взаимодействия между корой головного мозга, нижележащими отделами нервной системы и внутренними органами.

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

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

Необходимы постоянный врачебный контроль за функциональным состоянием спортсмена, выявление первых (начальных) признаков переутомления. Особо контролируются состояние здоровья (артериальное давление, частота сердечных сокращений, аппетит, потливость при выполнении физической нагрузки, сон и др.), функциональное состояние (биохимические и инструментальные методы исследования) на фоне проводимых интенсивных, объемных тренировочных нагрузок.

Ортоклиностатическая проба, биохимические показатели (особенно лактат, мочевина в крови) являются первыми признаками переутомления, и если не внести коррективы в тренировочный процесс, то возникают более серьезные морфофункциональные изменения в тканях ОДА, сердечной мышце и других органах и системах.

## АДАПТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ТРЕНИРОВКЕ

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

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

Для того, чтобы оценить степень адаптации (тренированности), необходимо знать исходное состояние тренированности. Степень (состояние) адаптации к физической работе имеет индивидуальный характер. У одного и того же человека она зависит от характера и величины (объема) физической нагрузки.

Тренировка на выносливость вызывает отчетливые изменения многих физиологических показателей (табл. 1).

Из них наиболее резко выражено увеличение сердечного объема (дилатация сердца) и массы сердца (гипертрофия мускулатуры стенки). У спортсменов, тренирующихся на выносливость, происходит также отчетливое повышение жизненной емкости легких (ЖЕЛ). Главный фактор в работоспособности, требующей выносливости, - это адекватное поступление кислорода в мышцы, которое определяется максимальным сердечным выбросом.

Таблица 1 – Сравнение физиологических параметров двух мужчин в возрасте 25 лет с массой тела 70 кг в случае интенсивной тренировки выносливости и без нее

Параметр	Нетренированный	Тренированный
Частота сокращений сердца в покое лежа, мин <sup>-1</sup>	80	40
Максим, частота сокращений сердца, мин <sup>-1</sup>	180	180
Ударный объем в покое, мл	70	140
Максим, ударный объем, мл	100	190
Сердечный выброс в покое, л/мин	5,6	5,6
Максим, сердечный выброс, л/мин	18	35
Объем сердца, мл	700	1400
Масса сердца, г	300	500
Максим, минутный объем дыхания, л/мин	100	200
Максимальное потребление кислорода, л/мин	2,8	5,2
Объем крови, л	5,6	5,9

## ПОЛ И ВОЗРАСТ

Систематические занятия физкультурой и спортом существенно влияют на рост и развитие детей и подростков. Занятия надо строить с учетом морфофункциональных особенностей, возраста и пола. Особо важны занятия физкультурой и спортом для школьников.

Организм школьника по своим анатомо-физиологическим и функциональным возможностям отличается от организма взрослого человека. Дети более чувствительны к факторам внешней среды (перегреванию, переохлаждению и др.) и хуже переносят физические нагрузки, особенно длительные (бег, кроссы и др.). Поэтому правильно спланированные занятия, дозированные по времени и сложности, способствуют гармоничному развитию школьника, и напротив, ранняя специализация (интенсивные нагрузки в одном виде спорта), достижение результатов любой ценой часто ведут к травматизму и серьезным заболеваниям, тормозят рост и развитие.

*У детей младшего школьного возраста (7-11 лет)* еще недостаточно развита костная система, поэтому возможность нарушения осанки наибольшая. В этом возрасте часто наблюдаются искривления позвоночника, плоскостопие, приостанавливается рост, возникают другие нарушения.

Крупные мышцы развиваются быстрее малых, поэтому дети затрудняются выполнять мелкие и точные движения, у них недостаточно развита координация. Процессы возбуждения преобладают над процессами торможения. Отсюда недостаточная устойчивость внимания и быстрое наступление утомления. В этой связи следует умело сочетать физические нагрузки и отдых.

*В среднем школьном возрасте (12-16 лет)* дети имеют почти оформленную костную систему. Но окостенение позвоночника и таза еще не закончено. Нагрузки на силу и выносливость переносятся плохо, а потому большие физические нагрузки недопустимы. Сохраняется опасность возникновения сколиоза, замедления роста, особенно если школьник занимается тяжелой атлетикой, прыжками, спортивной гимнастикой и др.

Мышечная система в этом возрасте характеризуется усиленным ростом (развитием) мышц и увеличением их силы, особенно у мальчиков. Совершенствуется координация движений. Этот возраст связан также с началом полового созревания, которое сопровождается повышенной возбудимостью нервной системы и ее неустойчивостью, что неблагоприятно сказывается на приспособляемости (адаптации) к физическим нагрузкам и процессам восстановления. Поэтому при проведении занятий (тренировок) необходим строго индивидуальный подход к занимающимся.

*В старшем школьном возрасте (17-18 лет)* формирование костной и мышечной системы почти завершается. Отмечается усиленный рост тела в длину, особенно при занятиях играми (волейбол, баскетбол), прыжками в высоту и др. Увеличивается масса тела, интенсивно развивается мелкая мускулатура, совершенствуются точность и координация движений.

На рост и развитие школьников существенное влияние оказывают двигательная активность, рациональное питание, а также закаливание. Между двигательной активностью и здоровьем детей существует прямая связь. Движение - залог здоровья. Это аксиома.

В последние годы резко ухудшилось здоровье школьников. Исследования показывают, что только 15% выпускников средних школ здоровы, остальные имеют в состоянии здоровья те или иные отклонения от нормы. Одной из причин

такого неблагоприятия является пониженная двигательная активность (гиподинамия).

Нормой суточной двигательной активности школьников 11-15 лет является наличие 20-24% динамической работы в дневном распорядке, т. е. 4-5 уроков физкультуры в неделю. При этом суточный расход энергии должен составлять 3100-4000 ккал.

Два урока физкультуры в неделю (как правило, сдвоенные) компенсируют ежедневный дефицит двигательной активности лишь на 11%. Для нормального развития девочек необходимо 5-12 ч в неделю, а для мальчиков 7-15 ч занятий физическими упражнениями разного характера (уроки физкультуры, танцы, активные перемены, игры, физический труд, утренняя гимнастика и т. п.). Интенсивность ежедневных занятий должна быть достаточно высокой (средняя ЧСС при этом 140-160 уд/мин).

Эффект от физкультуры минимален, если нагрузка слишком мала, а пульс ниже 130 уд/мин.

У юных спортсменов суточная энерготрата может быть значительно выше, в зависимости от вида спорта, которым они занимаются.

По мере старения человека его способность (адаптация к физическим нагрузкам, их переносимость) к тренировке снижается. Она зависит не только от возраста, пола, но и от индивидуальных особенностей (т. е. наследственности). Известно, что люди одного и того же возраста по-разному реагируют на физические нагрузки, закаливающие процедуры и пр. Но в любом случае регулярные тренировки могут заметно задержать старение, снижение работоспособности, связанное с возрастом: даже если тренировки начинаются в пожилом возрасте, они могут повысить работоспособность.

Исследования показывают, что минутный объем сердца (МОС) в покое у пожилых лиц меньше, и отмечено, что ЧСС и потребление кислорода при максимальной нагрузке с возрастом понижаются.

Системное артериальное давление у пожилых людей в покое проявляет тенденцию к повышению и возрастает при выполнении физических упражнений в большей степени, чем у молодых людей. Это, видимо, связано с нарушением эластичности артерий (атеросклероз). Сопротивление сосудов малого (легочного) и большого кругов кровообращения у пожилых людей выше.

Следует также отметить, что физиологические показатели на физические нагрузки у женщин ниже, чем у мужчин. У женщин максимальная рабочая производительность и максимальное потребление кислорода меньше, чем у мужчин. Это связано с меньшими объемами сердца и крови, которые ограничивают пределы возрастания минутного объема сердца. Максимальное потребление кислорода (МПК) у женщин в среднем составляет 2,9 л/мин, что на 29% меньше, чем у мужчин, у которых потребление кислорода составляет 2,1 л/мин. После введения поправки на различные конституции рабочая производительность в аэробных условиях в расчете на 1 кг веса тела у женщин на 17% ниже, чем у мужчин.

Ударный объем в среднем во время нагрузки в положении лежа равнялся 99 мл у женщин и 120 мл у мужчин, не занимающихся спортом.

Минутный объем сердца у мужчин и женщин в возрасте от 20 до 31 года во время максимальной нагрузки в положении сидя составляет 24,1 и 18,5 л/мин соответственно.

## Часть 7

### Лекция 10,11 (4 часа)

#### Физиологическая характеристика при занятиях спортом

##### План лекции:

- 7.1 Циклические виды спорта.
- 7.2 Игровые виды спорта.
- 7.3 Единоборства.
- 7.4 Скоростно-силовые виды спорта.
- 7.5 Сложнотехнические виды спорта.

Цели и содержание, средства и формы, распространение и эффективность физической культуры следует рассматривать во взаимосвязи с внешней средой, бытом, питанием, возрастом и полом.

Физкультура и спорт представляют собой субъективные аспекты жизни людей и поэтому являются составной частью формирования здорового образа жизни каждого человека в отдельности и всего общества в целом.

Правильные, систематические занятия физкультурой и спортом с учетом возраста и состояния здоровья приносят пользу, особенно если соблюдаются основные принципы: постепенность, систематичность и умелое регулирование (дозировка) физических нагрузок.

##### ЦИКЛИЧЕСКИЕ ВИДЫ СПОРТА

К циклическим видам спорта (движениям) относятся бег, ходьба, плавание, гребля, велоспорт, лыжные гонки, конькобежный спорт и многие другие. Все они имеют ряд общих черт как в отношении движений, так и в отношении энергозатрат. Циклические виды спорта, как правило, включают в оздоровительные программы с целью профилактики ряда заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также с лечебной целью.

Чтобы достичь наилучшего результата наименее напряженным путем выбирают не традиционные общефизические гимнастические упражнения, а упражнения, требующие непрерывной работы больших групп мышц, например, лыжный спорт, кросс, бег, плавание, ходьбу по пересеченной местности и др. Чем меньше мышечных групп участвует в работе, тем ниже тренировочный эффект.

Общность циклических движений заключается в следующем. Все фазы движений, существующие в одном цикле, присутствуют и в остальных, причем в той же последовательности. Циклы друг от друга неотделимы.

Роль физиологической основы циклических движений выполняет ритмический двигательный цепной рефлекс, имеющий безусловнорефлекторное происхождение и поддерживаемый автоматически. Значительная часть циклических движений представляют собой естественные локомоции (движения) или базируются на них. Основными переменными величинами в циклических движениях являются мощность и длительность (продолжительность) выполняемой работы. Мощность определяется частотой двигательных циклов, амплитудой и силой движений.

Общей для всех циклических движений является зависимость предельной продолжительности работы от ее мощности или скорости передвижения.

*Спортивная ходьба.* Физиологический базис ходьбы - шага- тельный рефлекс. Цикл движений в спортивной ходьбе состоит из двойного шага, включает в себя по два периода одноопорного и двухопорного положения спортсмена. Движения рук скорохода строго сочетаются с движениями ног и носят перекрестный характер.

Соревнования проводятся на дистанции 20 и 50 км (у мужчин) и 5—10 км (у женщин).

Характерен высокий темп движений (от 100 до 160 и более шагов в минуту). Отсутствие безопорной фазы приводит к преобладанию процесса возбуждения в нервных центрах регуляции движений.

Спортивная ходьба относится к работе умеренной интенсивности, сравнительно небольшой скорости.

У скороходов выше тонус мышц, менее выражена релаксация (расслабление) мышц по сравнению с лыжниками-гонщиками или бегунами-стайерами. Расход энергии в спортивной ходьбе значительный: 300-400 ккал на дистанции 5 км и более 3000 ккал на дистанции 50 км. Максимальное потребление кислорода (МПК) у мужчин - 71 мл/кг/мин. Частота дыхания и вентиляция легких зависит от темпа и функциональной готовности спортсмена и составляет 30-50 и более в мин и 60-90 л/мин; поглощение кислорода - 3-5 л/мин и более. Функция сердечно-сосудистой системы: частота сердечных сокращений во время ходьбы - от 130 до 160 и более уд/мин. Лактат (молочная кислота) в крови повышается до 12 ммоль/л. Показатели красной крови меняются незначительно. Иногда отмечается (выявляется) анемия, особенно при выполнении больших по объему нагрузок.

*Бег* - основное и наиболее эффективное физическое упражнение для тренировки кардиореспираторной системы. Бег в большей степени способствует развитию физических качеств выносливости и скорости. Соревнования в беге проводятся на дистанции от 60 м до марафонского бега (42 км и 195 метров). Дистанции подразделяются на короткие, средние и длинные. В зависимости от длины дистанции это может быть работа максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной интенсивности.

Тренировки в беге формируют и закрепляют относительно однообразные динамические стереотипы нервной деятельности. В зависимости от того, гладкая это дистанция или барьерный бег, в зависимости от характера соревнований предъявляются требования к зрительному анализатору и проприоцептивной рецепции.

В беге на короткие дистанции спортсмен выполняет работу в анаэробном режиме, при беге на длинные дистанции - в аэробном или смешанном режиме, а в беге на средние дистанции - смешанном или анаэробном режиме.

Тренировки увеличивают возбудимость и лабильность мышц. Так, хронаксия (косвенный показатель лабильности мышц) наиболее коротка у бегунов-спринтеров.

Расход энергии при беге на короткие дистанции составляет 3700-4200 ккал у мужчин и 3200-3600 ккал у женщин. У бегунов на длинные дистанции - 5000-5500 и 4200-4700 соответственно у мужчин и женщин.

МПК у бегунов на длинные дистанции у мужчин 80 мл/мин/кг, у женщин - 56 мл/мин/кг. У женщин расход энергии меньше на 15-20%, чем у мужчин.

У бегунов-стайеров в покое отмечается урежение частоты сердечных сокращений (брадикардия). Частота сердечных сокращений (ЧСС) при беге, в зависимости от дистанции, составляет от 150- 200 и более уд/мин. Артериальное

давление (АД) в пределах нормы, для стайеров характерна гипотония (105-120 мм рт. ст. систолическое давление и 55—65 мм рт. ст. диастолическое давление).

У бегунов-стайеров показатели красной крови незначительно меняются, иногда имеет место анемия. Концентрация лактата в крови в зависимости от пробегаемой дистанции (отрезков дистанции во время тренировок) может быть (составлять) 6-8 ммоль/л и более 10-16. Иногда в моче у бегунов-стайеров определяется белок.

*Лыжный спорт* является важным средством поддержания и улучшения здоровья, функционального состояния и тренированности. Лыжным спортом можно заниматься с самого раннего детства и вплоть до глубокой старости. Наиболее широкое распространение получили лыжные гонки. Они представляют собой локомоции типа ходьбы с резко удлиненной одиночной опорой, с использованием работы рук.

Кроме того, лыжные гонки проходят на различных рельефных местностях, при различном скольжении. В лыжном спорте у женщин дистанции 5, 10, 15 и 30 км, у мужчин - 15, 30, 50 км.

Темп (скорость) гонки у квалифицированного лыжника существенно не зависит от длины пробегаемой дистанции. Однако скорость пробегания дистанции зависит от профиля дистанции, температуры воздуха и снега, смазки и тренированности (функционального состояния) лыжника-гонщика.

Работа лыжника-гонщика - большой интенсивности, но в связи с профилем дистанции эту работу следует отнести к переменной интенсивности.

Лыжный спорт развивает общую и скоростную выносливость, но при подготовке к соревнованиям используется силовая тренировка (лыжероллеры, бег в гору с лыжными палками и отягощающими поясами и т. п.).

Высококвалифицированные лыжники-гонщики при прохождении дистанции потребляют кислорода на 15-20% меньше, чем менее квалифицированные.

У лыжника-гонщика во время тренировки (соревнований) задействована большая группа мышц, отсюда и большие энергетические затраты. Тип работы у лыжника-гонщика аэробно-анаэробный, в зависимости от профиля трассы и климатических условий (температуры воздуха, снега, смазки), а если тренировки (или, особенно, соревнования) проводятся в среднегорье, то режим работы анаэробный.

При спусках и подъемах в гору с большой скоростью, несмотря на увеличение потребления кислорода ( $O_2$ ), часть энергии освобождается за счет анаэробных реакций, о чем свидетельствует значительное повышение концентрации молочной кислоты в крови.

Суммарный расход энергии составляет от 4200 до 6000 ккал. На лыжном марафоне (50 км и более) расход энергии значительно превышает эту величину. МПК у мужчин 83 мл/кг/мин, у женщин - 63 мл/кг/мин. Дыхание при попеременном двухшажном ходе ритмичное - 1:1, 1:2, а при одновременных ходах выдох производится во время толчка палками и наклоне туловища. Правильное сочетание дыхания и движений всегда повышает эффективность работы. У лыжников-гонщиков хорошо развита дыхательная мускулатура. Поэтому у них большая амплитуда дыхательных движений и высокие показатели ЖЕЛ (у мужчин от 5,5 до 7,5 л, у женщин - 3,5-4,5 л). Легочная вентиляция у лыжников во время бега повышается до 1200 л в минуту. Потребление кислорода у квалифицированных лыжников достигает 4-5 л / мин, что составляет 85- 90% их МПК. При передвижении по равнине эта величина не превышает 80% МПК, на подъемах она возрастает до 100%, на спусках снижается до 50-55%.

*Конькобежный спорт.* Занятия конькобежным спортом способствуют не только развитию скорости, выносливости, координации движений, но и закаливанию организма, повышению сопротивляемости простудным заболеваниям.

В зависимости от длины дистанция может быть субмаксимальной (500, 1000, 1500 м) и большой интенсивности (5000 и 10 000 м).

Движения конькобежца имеют циклический характер, сложный по координации, особенно при (на) повороте. Малая опорная поверхность конька, высокая скорость, наличие скольжения и наклонное положение туловища затрудняют сохранение равновесия и усложняют двигательную деятельность конькобежца.

Расход энергии при беге на коньках зависит от длины дистанции, скорости передвижения (бега) и метеорологических условий и составляет 4400-4800 ккал у мужчин и 3700-4100 ккал у женщин. Следует заметить, что все крупные соревнования последних лет проводятся в крытых дворцах спорта. МПК у мужчин 78 мл/кг/мин и у женщин 54 мл/кг/мин.

Легочная вентиляция при беге на коньках достигает 100- 160 л/мин, потребление кислорода - 4-4,5 л/мин. Имеет место кислородный долг, особенно при беге на 500-1500 м. У конькобежцев в покое пульс составляет 40-50 уд/мин у мужчин, у женщин он несколько ниже.

ЧСС во время бега резко возрастает и может достигать 190- 200 и более уд/мин. Концентрация лактата в крови возрастает до 16 и более ммол/л.

*Велосипедный спорт.* В зависимости от длины дистанции езда на велосипеде относится к работе максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной интенсивности. Работа максимальной мощности выполняется на дистанции 200 и 500 м велосипедистом на треке; субмаксимальной - на дистанции 1000 м; большой - на дистанции 5000, 10 000 и 20 000 м и умеренной - на дистанции 100 км и более на шоссе.

Несмотря на некоторые затруднения дыхания во время гонок, легочная вентиляция у велогонщиков достигает 60-120 и более л/мин, а поглощение кислорода – 5 и более л/мин. МПК у мужчин составляет 75 л/кг/мин.

Расход энергии у мужчин 5400-6000 ккал, у женщин - 4100— 4600. ЧСС у велосипедистов-шоссейников в состоянии покоя в среднем составляет 45-50 уд/мин, а во время гонки ЧСС зависит от темпа гонки, рельефа, климатических условий, функциональной готовности и может достигать 140-190 и более уд/мин. При спурте, на финише ЧСС может достигать 200 и более уд/мин. АД у велогонщиков низкое (гипотония).

Показатели красной крови в пределах нормы, иногда у спортсменов, участвующих в многодневных велогонках, отмечается анемия и в моче определяется белок.

*Гребля (академическая, на каноэ и байдарках).* Греблей можно заниматься в любом возрасте, она относится к числу общеразвивающих упражнений и одновременно может служить отличным средством активного отдыха.

Движения гребцов сложны по координации, которая связана с подвижностью сиденья и малой устойчивостью академических судов (лодок). Это обязывает спортсмена постоянно поддерживать равновесие, особенно это важно в 2-, 4-, 6-местных судах.

Академическая гребля предъявляет большие требования к анализаторам, особенно проприоцептивному, осязательному, вестибулярному рецептору, периферическому зрению и слуху.

Гребля способствует развитию скелетных мышц, особенно мышц спины, верхнего плечевого пояса, мышц живота и нижних конечностей, т. е. крупных мышечных массивов. Суммарный расход энергии в академической гребле велик. У мужчин - 5200- 5600 ккал, у женщин - 4200-4800. МПК - 62 мл/кг/мин у мужчин.

Частота дыхания гребца совпадает с ритмом движений и равна в среднем 30-40 экс. в мин. В процессе гонки дыхание меняется, к примеру на финише оно увеличивается (учащается). Рациональное дыхание очень важно для гребца.

Легочная вентиляция у квалифицированных гребцов достигает до 150 л/мин, это становится возможным за счет увеличения глубины дыхания. Дыхательная мускулатура хорошо развита у гребцов. ЖЕЛ может достигать 6 и более литров у мужчин и 4 и более литров у женщин.

Работа гребца проходит, как правило, в анаэробном режиме. Потребление кислорода у высококвалифицированных спортсменов может достигать 5-5,5 л/мин. Кислородный запрос при гребле на дистанции 1500-2000 м в среднем составляет 50-60 л, кислородный долг равен 20-30% по отношению к запросу. ЧСС в покое в среднем равно 40-50 уд / мин, а во время гонок может достичь 160- 200 и более уд/мин.

У гребцов при проводке весел в воде имеет место кратковременное натуживание, которое затрудняет венозный приток в правое предсердие и этим несколько осложняет работу сердца. Натуживание также ведет к повышению венозного давления. После интенсивных тренировок (соревнований) и охлаждения (переохлаждения), особенно весной и осенью, у гребцов в моче нередко появляется белок.

*Плавание.* Спортивное плавание включает четыре вида: вольный стиль (кроль), плавание на спине, брасс, баттерфляй. Дистанция на соревнованиях от 50 до 1500 м. Плавание на дистанции 50, 100,200 м относится к субмаксимальной интенсивности; на 400, 800, 1500 м - к большой интенсивности; при заплывах в море (15, 25 км) - к умеренной интенсивности.

Плавание осуществляется в водной среде, где температура - 25,5-28,5°C, это существенно влияет на работоспособность.

Кроме того, плавание характеризуется горизонтальным положением тела пловца, что существенно влияет на работу сердца и легких - не тратится энергия на поддержание положения тела в вертикальном положении. Все это позволяет пловцу длительно выполнять большой объем работы, которую на суше он выполнять не может. Кроме того, пловец преодолевает сопротивление воды, которое возрастает по мере повышения скорости плавания. Плаучесть зависит от телосложения техника выполнения движений, веса спортсмена и соотношения мышечной и жировой ткани.

Частота дыхания во время плавания (в зависимости от способа) может достигать 30-45 экс. в мин. Легочная вентиляция при этом может достигать 90-100 и более литров в минуту, поглощение кислорода - 5,0-5,5 л. МПК у мужчин 67 мл/кг/мин, у женщин - 57 мл/кг/мин Расход энергии у мужчин 4200-4800 ккал, у женщин - 3600-4100 ккал.

Красная кровь в норме, но при интенсивных тренировках иногда отмечается снижение гемоглобина (анемия).

Лактат после соревнований (или тренировки) может составлять 14-16 и более ммоль/л. Нередко у пловцов после длительных интенсивных тренировок и низкой температуры воды в бассейне отмечен белок в моче.

#### ИГРОВЫЕ ВИДЫ СПОРТА

Спортивные игры (футбол, баскетбол, волейбол, хоккей, гандбол, теннис и др.) характеризуются разнообразием движений. Они включают бег, прыжки, броски мяча с места и в прыжке, удары, различные силовые элементы и т. п. Все эти движения выполняются в условиях взаимодействия (в борьбе) игроков. Изменение структуры движений и их интенсивности происходит во время игры непрерывно.

Некоторые виды игр (хоккей с шайбой, баскетбол, регби, гандбол и др.) носят скоростно-силовую направленность, которая отражается в тренировочном процессе. Спортивные игры способствуют развитию быстроты, силы, ловкости и других качеств. В зависимости от вида игр физиологические сдвиги в организме различны.

Расход энергии в игровых видах спорта зависит от размеров площадки, темпа и ритма игры, единоборства, квалификации спортсменов и их тренированности. Так, расход энергии у *волейболистов, баскетболистов* 4200-4500 (у мужчин) и 3600-3800 ккал (у женщин). МПК у *баскетболисток* 44 мл/мин/кг (J. Wilmore, 1980), у мужчин-баскетболистов - 53 мл/мин/кг, у *футболистов, волейболистов* (мужчин) - 58 мл/мин/кг и 57 мл/мин/кг соответственно (J. Wilmore, 1980). Частота дыхания (ЧД) в играх может составлять от 20-30 до 60 экс. в мин. ЖЕЛ составляет от 3500 до 5000 мл, а у женщин - 3000-4500 мл. ЧСС в покое составляет от 45 до 55 уд/мин, во время игры в *хоккей с шайбой* может достигать 160-200 и более уд/мин, в *баскетболе, футболе, гандболе* - 140-180 и более уд/мин.

Лактат после игры (тренировки) может составлять 8-14 и более ммоль/л.

*Водное поло* - игра с мячом на воде. Ватерполисты выступают в спортивных плавках (с раковиной) и в специальных шапочках. Для водного поло характерны техника плавания кролем, когда голова поднята над водой, а гребок короче. Для ведения мяча дриблингом спортсмены используют носовую волну и двигают мяч головой. Основные технические приемы - это захват мяча с поворотом кисти, ловля мяча и броски.

Работа ватерполиста, в основном, осуществляется в аэробно- анаэробном режиме. Легочная вентиляция у ватерполиста высокая и может составлять (достигать) 100-160 и более литров в минуту, поглощение кислорода - 5,5-6 л, МПК - 58 мл/мин/кг, ЖЕЛ - более 5 литров. ЧСС в покое 45-50 уд/мин, а во время игры может увеличиваться до 160-190 и более уд/мин.

### 7.3. ЕДИНОБОРСТВА

*Борьба (вольная, греко-римская, самбо, дзюдо и др.)* относится к единоборствам. Средствами борьбы являются приемы, с помощью которых соперника захватывают, выводя из равновесия, и бросают на землю (ковер).

В борьбе сочетается скоростно-силовая работа со статическими напряжениями, она развивает силу, быстроту, ловкость. Для успешной двигательной деятельности борца необходимо развитие проприоцептивной чувствительности.

У борцов хорошо развита мышечная система, она адаптирована к работе преимущественно в анаэробном режиме. Расход энергии при борьбе очень высокий. При схватках он достигает в среднем 10- 12 ккал и более за 1 мин. ЧД во время схватки увеличивается до 35- 40 и более экс. в мин. Отмечены моменты задержки дыхания и нату- живания - во время захвата, подготовки к выполнению броска и при броске. Расход энергии от 3700 до 6000 ккал и более, в зависимости от весовой категории. Кислородная потребность зависит от интенсивности работы. Кислородный долг к концу схватки может достигать значительных величин. МПК составляет 57 мл/кг/мин.

В состоянии покоя ЧСС в среднем составляет 45-60 уд/мин. Во время схватки и особенно после схватки ЧСС достигает 180—200 и более уд/мин. АД может повышаться до 150-160 мм рт. ст. (систолическое) и 80-100 мм рт. ст. (диастолическое).

Лактат в крови после схватки повышен и составляет 8-10 и более ммоль/л. Для борцов характерна усиленная функция потовых желез - необходимо это учитывать при подготовке борца к схватке: его нельзя массировать с маслом и втирать масла.

*Бокс* представляет собой широко распространенный вид единоборств. Для занятий боксом необходимы большая выдержка, сила, мужество, ловкость, быстрота, твердость и решительность, а также другие специфические качества.

Расход энергии зависит от интенсивности работы, он выше у спортсменов малых весовых категорий и достигает 15-25 ккал в мин. В общей сложности после тренировки расход энергии может составлять от 3700 до 6000 ккал в зависимости от весовой категории, температуры внешней среды и тренированности спортсмена. МПК составляет 55 мл/мин/кг. ЧД может достигать 35-50 экс. в мин, а легочная вентиляция составляет от 80 до 120 и более литров. Поглощение кислорода может равняться 4-5 л/мин и имеет место кислородный долг. ЖЕЛ у боксеров в среднем 3500-4500 мл.

ЧСС имеет тенденцию к замедлению и в покое составляет 45- 55 уд/мин. Во время боя ЧСС достигает 180-200 и более уд/мин. После боя лактат в крови резко повышается и составляет 8-12 и более ммоль/л.

*Фехтование* - это вид спорта, в основе которого лежит единоборство в одном из видов спортивного холодного оружия. Занятия фехтованием развивают быстроту, ловкость, выносливость, самообладание, способность к молниеносным решениям и действиям в сложных ситуациях.

В фехтовальном бою на рапирах, шпагах или саблях цель спортсмена состоит в том, чтобы в заданное время нанести сопернику определенное количество ударов (или уколов).

В современном фехтовании различают следующие виды оружия: рапира, шпага, сабля. Рапира и шпага - колющее оружие. Сабля - рубящее оружие.

В фехтовании на рапирах и шпагах используют электроаппаратуру - после нанесения укола замыкается электроцепь и загорается лампочка.

ЧСС во время боя увеличивается и может составлять 160-180 и более уд/мин МПК у мужчин 56 мл/мин/кг, у женщин - 44 мл/мин/ кг.

В фехтовании большое значение имеют зрительный, вестибулярный и двигательный аппараты. Зрительное восприятие, в основном, определяет все поведение фехтовальщика. ЧД увеличивается во время боя до 30-40 и более экс. в мин. Расход энергии в связи с кратковременностью выполнения уколов и всей схватки незначительный. Легочная вентиляция у фехтовальщиков во время соревнований повышается до 60-100 л/мин. Расход энергии 3600- 4200 ккал у мужчин и 3000-3600 у женщин.

#### СКОРОСТНО-СИЛОВЫЕ ВИДЫ СПОРТА

*Тяжелая атлетика (ТА)* - состязания по поднятию тяжести (штанги) - относится к таким видам спорта, в которых решающую роль играют в одинаковой мере физическая сила и техника. Работа носит динамический характер, а при удержании и фиксации штанги - статический характер. Важным при подъеме штанги является сохранение равновесия тела.

Тяжелая атлетика развивает силу, быстроту. Движения штанги сложны по координации.

Расход энергии в состоянии основного обмена у штангистов (вне зависимости от весовой категории) составляет 86-96% стандартных величин, что свидетельствует об экономизации окислительных процессов. Суммарный расход энергии на тренировках составляет от 3700 до 6000 ккал в зависимости от весовой категории. МПК составляет 56 мл/мин/кг. Дыхание при подъеме штанги проходит при задержке дыхания и натуживании. В это время повышается внутрибрюшное и венозное давление.

Легочная вентиляция и поглощение кислорода при подъеме штанги невелики. Работа мышц при подъеме штанги происходит преимущественно в анаэробных условиях, в связи с чем кислородный долг может достигать 80-90% кислородного запаса.

ЧСС зависит от веса штанги, повторяемости подходов и тренированности спортсмена и может достигать 160-185 уд/мин, учащение ЧСС отмечается обычно после опускания штанги. В покое у штангистов пульс составляет 60-70 уд/мин. АД у штангистов имеет тенденцию к повышению, это связано с задержкой дыхания и натуживанием во время тренировок. После тренировки имеется тенденция к понижению как систолического, так и диастолического давления.

Натуживание при подъеме штанги создает определенные трудности в деятельности сердца, что нередко способствует развитию гипертрофии сердечной мышцы.

#### СЛОЖНОТЕХНИЧЕСКИЕ ВИДЫ СПОРТА

*Спортивная гимнастика* - система специальных физических упражнений, направленных на укрепление здоровья, совершенствование двигательных способностей человека, гармоническое физическое развитие. Понятие «гимнастика» включает в себя спортивную и художественную гимнастику, спортивную акробатику.

В спортивной гимнастике мужчины выступают на шести снарядах, а женщины - на четырех.

Тренировки гимнаста направлены на совершенствование двигательного аппарата. Расход энергии в связи с кратковременностью выполнения гимнастических упражнений незначительный. И только при многократном повторении упражнений, при тренировках 2-3 раза в день расход энергии может составлять 3000-3600 ккал у женщин и 3600-4200 - у мужчин. МПК у мужчин 60 мл/мин/кг.

В связи с разнообразием движений, положением тела в пространстве и наличием статических поз создаются определенные трудности для работы дыхательного аппарата. ЧД, глубина, ритм зависят от особенностей техники выполняемого упражнения. Некоторые упражнения выполняются при задержке дыхания и натуживании. Величина газового обмена при выполнении гимнастических упражнений зависит от характера движений и от групп мышц, вовлекаемых в работу.

Реакция сердечно-сосудистой системы на выполнение упражнений различна. Так, при выполнении вольных упражнений, где много акробатики, прыжков, бега, пульс ускоряется до 160-180 и более уд/мин, а АД повышается до 130-150 мм рт. ст. (систолическое).

Функция внешнего дыхания не достигает больших показателей, это связано с большим количеством статических положений, а динамические упражнения, как правило, кратковременны. ЧД, например, при выполнении вольных упражнений определяется не столько потребностью организма в кислороде, сколько биохимическими изменениями органов дыхания, вызванными выполнением того

или иного упражнения. Кислородная задолженность после выполнения вольных упражнений достигает 85%, а при выполнении упражнений на снарядах повышается до 98%.

*Фигурное катание.* В фигурном катании темп, ритм, сложность выполняемых элементов сочетаются с музыкальным сопровождением. Фигурное катание включает одиночное катание (мужчины и женщины), парное катание и спортивные танцы на льду. Расход энергии зависит от вида выполняемых упражнений, их сложности, темпа и других факторов. Например, в одиночном катании (произвольная программа) и парном катании (у мужчин) расход энергии выше, чем в танцах на льду.

Расход энергии может составлять от 3000 до 4100 ккал. МПК составляет 58 мл/мин/кг. Легочная вентиляция может достигать 80-160 и более л/мин, потребление кислорода - 4,0-4,5 л/мин. Имеет место кислородный долг, особенно при выполнении произвольной программы, как в одиночном, так и в парном катании. ЧСС в покое составляет 45-50 уд/мин, во время выступления может достигать 160-180 и более уд/мин. Концентрация лактата в крови возрастает до 14-18 и более ммоль/л.

#### ДРУГИЕ ВИДЫ СПОРТА

*Спортивное ориентирование* является соревновательным видом спорта, в котором участники, используя карту и космос, стараются как можно быстрее найти заранее отмеченные посты. Последовательная расстановка постов или трасса спортивного ориентирования требует от спортсменов способности ориентироваться на местности и беговой подготовки. Трасса должна проходить преимущественно в лесной полосе и по возможности в незнакомой для участников местности. Для ориентирования характерен интервальный бег на свежем воздухе, где напряжение сменяется отдыхом, физическая нагрузка - необходимостью сконцентрировать свое внимание. Такие условия благоприятно влияют на кардиореспираторную систему и являются прекрасным средством повышения физической работоспособности и здоровья занимающихся.

Расход энергии зависит от профиля трассы, подготовленности (тренированности) спортсмена, температуры воздуха и может составлять от 3500 до 5000 ккал. У женщин расход энергии меньше на 15-20%, чем у мужчин.

Легочная вентиляция в зависимости от темпа (скорости) бега и профиля трассы может составлять от 80 до 120-140 л/мин, МПК - 77 мл/кг/мин и 58 мл/кг/мин соответственно у мужчин и женщин.

ЧСС в покое 45-60 уд/мин, а во время соревнований (бега) может достигать 160 и более уд/мин.

*Альпинизм* включает в себя переходы через горные перевалы, движение по скалам летом и зимой, движение по льду, фирну и снегу и движение в горах на лыжах. На практике все эти виды альпинизма применяются в комплексе.

К высокогорью относятся все возвышенности и горные вершины, окружность подошвы которых составляет более 2000 м. Различают отдельные горы, группы гор и горные цепи. Различные формы горной поверхности (гребни, ущелья, стены, кары и т. д.) ставят перед альпинистом множество задач. Работа, в зависимости от высоты может быть максимальной, субмаксимальной и большой интенсивности. Имеют место гипоксемия и гипоксия тканей. При восхождении к кардиореспираторной системе предъявляются огромные требования, так как резко возрастают легочная вентиляция, ЧД, ЧСС. Работа проходит в аэробно-анаэробном режиме, но чем выше высота подъема, тем больше процент анаэробной работы. В

крови резко повышается лактат, кислородный долг велик. ЧСС может достигать 160-190 и более уд/мин.

Чем больше высота, тем значительнее уменьшение (снижение) парциального давления. Так, на высоте 2500 м давление падает до 2/3 нормального, при высоте 5500 м - до 1/2, а при высоте 7500 м - до 1/3, т. е. до 280 мм рт. ст. (норма - 760 мм рт. ст.). Другие факторы, влияющие на работоспособность: понижение температуры, низкая абсолютная влажность, высокая солнечная радиация, сильный ветер и т. д. Сочетание всех этих факторов и характеризует высокогорный климат.

По мере снижения парциального давления кислорода в атмосферном воздухе оно уменьшается и в альвеолярном воздухе. Отсюда возникают гипоксемия и гипоксия тканей (особенно мышц при выполнении физических нагрузок и еще в большей степени - мозга).

В табл. 2 показано парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе и крови человека на разных высотах.

Таблица 2 – Парциальное давление кислорода и углекислоты в альвеолярном воздухе и крови человека на разных высотах (мм рт. ст.)

Показатели	На уровне моря	На высоте				
		2810 м	3660 м	4700 м	5430 м	6140 м
Альвеолярное $pO_2$	100,3	62,4	57,9	48,4	42,3	37,0
Артериальное $pO_2$	88,9	60,1	47,6	44,6	43,1	34,4
Альвеолярное $pCO_2$	41,1	33,9	29,5	27,1	27,7	22,0
Артериальное $pCO_2$	41,4	37,2	31,1	28,7	27,7	24,9
% $HvO_2$ в арт. крови	95,5	91,0	84,5	79,8	76,2	65,5

На возникновение гипоксемии и гипоксии тканей организм реагирует компенсаторными реакциями. Это, во-первых, усиление вентиляции легких (учащается частота дыхания, увеличивается глубина вдоха). В ответ на гипервентиляцию происходит повышение рН крови и образование оксигемоглобина. Во-вторых, повышается кислородная емкость крови, происходит рефлекторное выбрасывание крови из депо; в-третьих, увеличивается кровоток, т. е. рефлекторно происходит учащение сердцебиений и повышение минутного объема крови. Все вместе способствует доставке кислорода ( $O_2$ ) тканям, особенно мозгу, сердцу и мышцам.

Для адаптации к гипоксии в подготовке спортсменов используют тренировки в среднегорье. Наиболее показаны такие тренировки в циклических видах спорта, с использованием адаптогенов.

## Часть 8

### Лекция 12,13 (4 часа) Характеристика оздоровительной физкультуры

#### План лекции:

- 8.1. Гиподинамия.
- 8.2. Физиологическое обоснование применения средств физической культуры.
- 8.3. Физическая активность и расход энергии.

Физкультура и спорт являются очень важными факторами в укреплении здоровья человека, в его физическом развитии и воспитании, а также в профилактике заболеваний и старения.

В XIX в. и в первой половине XX в. у каждого человека жизнь сопровождалась значительными физическими напряжениями. Этих нагрузок было достаточно для поддержания функционального состояния и здоровья на соответствующем уровне. Но в последние годы, особенно во второй половине XX в., в связи с бурным развитием техники и механизации производства труда доля физического труда резко снизилась. Число жителей городов значительно увеличилось по сравнению с сельским населением. Недостаточное мышечное напряжение (гиподинамия) отрицательно влияет на состояние здоровья (физиологические функции), особенно на сердеч-но-сосудистую систему.

#### ГИПОДИНАМИЯ

Ограничение двигательной активности, обусловленное особенностями образа жизни, профессиональной деятельности, длительным постельным режимом, пребыванием человека в условиях невесомости (длительные космические полеты).

При гиподинамии (гипокинезии) резко сокращается поток проприоцептивных раздражителей, что ведет к снижению лабильности нервной системы на всех ее уровнях, интенсивности протекания вегетативных процессов и тонуса мускулатуры. При ограничении двигательной деятельности происходит извращение нервно-соматических и вегетативных реакций. Кроме того, гиподинамия (гипокинезия) ведет к существенным изменениям гомеостаза, функциональным нарушениям эндокринной и кардиореспираторной систем, морфофункциональным изменениям тканей опорно-двигательного аппарата и т. д. (Схема 1).

Адекватная двигательная активность гармонично формирует организм в анатомо-функциональном отношении, во многом определяет устойчивость человека к неблагоприятным условиям окружающей среды, к инфекционным заболеваниям.

Продолжительное ограничение нагрузки на ткани ОДА может стать причиной возникновения различных функциональных нарушений (отклонений); в далеко зашедших случаях оно может повлечь за собой глубокие патологические изменения и способствовать возникновению атеросклероза, гипертонической болезни, инфаркта миокарда, ожирения, мочекаменной болезни, подагры и других заболеваний.



Схема 1 – Гипокинезия и ее последствия (по Е.А. Коваленко и Н.Н. Туровскому, 1980)

Гиподинамия приводит к снижению функциональных возможностей мышечной системы. Так, после двухмесячного постельного режима на 14-24% уменьшаются силовые показатели, на 26-35% динамическая и статическая выносливость, падает тонус мышц, сокращаются их объем и масса. Теряется рельефность мышц из-за отложения подкожного жира. Гиподинамия ведет к снижению минеральной насыщенности костной ткани (остеопороз). Нарушение минерального обмена наблюдается уже на 12-15-е сутки постельного режима.

Гиподинамия у детей приводит к более выраженным нарушениям, чем у взрослых, и не только физической, но и умственной работоспособности.

А снижение двигательной активности в среднем и пожилом возрасте может ускорить развитие атеросклероза и, ухудшая регуляцию тонуса сосудов, способствует нарушениям мозгового и сердечного кровообращения. В результате недостатка движений, сидячего образа жизни преждевременно возникают слабость и дряблость мышц, появляется сгорбленность, ускоряются процессы старения, нередко повышается АД.

Наблюдения отечественных и зарубежных авторов свидетельствуют, что оптимальный режим занятий физкультурой - не менее трех раз в неделю по 45-60 мин в день. Энергетические затраты должны составлять не менее 500 ккал, т. е. больше суточного основного обмена.

#### ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ФИЗКУЛЬТУРЫ

Среди разнообразных средств физической культуры существуют применяемые как в домашних, амбулаторных и санаторно-курортных условиях, так и в оздоровительных секциях (группах здоровья).

Физические упражнения действуют тонизирующе, стимулируя моторно-висцеральные рефлексы, они способствуют ускорению процессов метаболизма в

тканях, активации гуморальных процессов. При соответствующем подборе упражнений можно избирательно воздействовать на моторно-сосудистые, моторно-кардиальные, моторно-пульмональные, моторно-желудочно-кишечные и другие рефлексy, что позволяет повышать преимущественно тонус нужных систем и органов (табл. 1).

Таблица 1 – Участие органов в окислительных процессах в покое и при физических нагрузках (в см<sup>3</sup> кислорода в час по Баркрофту)

Орган	Максимальный покой (наркоз)	Максимальная физическая работа
Поперечно-полосатая мускулатура	12,9	59
Сердце	2,0	254,0
Слюнные железы	0,9	1,1
Печень	7,9	21,1
Поджелудочная железа	0,7	1,4
Почки	1,6	4,2

#### Гимнастика

Особенностью гимнастических упражнений является их естественное биологическое содержание, так как в профилактических целях используется одна из основных функций, присущая всякому животу организму, - функция движения. Она представляет собой биологический раздражитель, стимулирующий процессы роста, развития и формирования организма.

#### Утренняя гигиеническая гимнастика (УГГ)

Она включает в себя комплекс физических упражнений с предметами (гимнастическая палка, гантели, эспандеры, набивные мячи, эластичные резиновые бинты и др.) и без предметов. При этом различают пассивные, активные и смешанные формы упражнений.

Особенностями утренней гигиенической гимнастики (УГГ) прежде всего являются: многообразие основных упражнений, их вариантов и комбинаций, включая левый и правый способы выполнения; связанные с этим многообразием широкие возможности для целенаправленного развития функциональных, координационных и технических способностей занимающихся.

УГГ вызывает повышение деятельности кардиореспираторной и эндокринной систем, ускоряет процессы метаболизма в тканях, ликвидирует застойные явления. После выполнения комплекса УГГ легочная вентиляция, ЧСС, поглощение кислорода увеличиваются.

#### Производственная гимнастика (ПГ)

Существуют производственная гимнастика и гимнастика после урока (уроков) у школьников. В комплекс включается несколько упражнений (3-5) продолжительностью 3-7 мин 1-2 раза за смену (особенно необходима эта гимнастика на часовом заводе, швейной фабрике, в компьютерном зале, офисе, т. е. там, где имеет место сидячая, монотонная работа, с включением в работу в основном мелких мышц рук, а также в школах - особенно для школьников 1-4 кл.).

Цель гимнастики - активный отдых. В комплекс должны входить упражнения на большие мышечные группы и группы мышц, несущих статическую

нагрузку, а также упражнения на растягивание соединительнотканых образований, диафрагмальное дыхание; исходное положение должно быть вертикальным при сидячей работе и сидя и лежа - при работе стоя. Кроме того, целесообразно включение упражнений на расслабление (релаксацию) мышц, непосредственно выполняющих трудовые действия.

В основе активного отдыха лежит феномен, установленный И. М. Сеченовым, - деятельность одних мышечных групп (конечностей) способствует устранению утомления в других мышечных группах при их работе.

#### Гимнастика в воде

Плавание в ластах, с лопаточками и гимнастика в воде - это сочетание физических упражнений и температурного воздействия воды с лечебной и профилактической целью. Нахождение в воде значительно повышает теплоотдачу и обмен веществ, активизирует гемодинамику.

Плавание и выполнение физических упражнений, игры в воде оказывают общее воздействие на организм, способствуют улучшению подвижности в суставах (при травмах, контрактурах, каксарт-розе и др.), повышению тренированности мускулатуры, снятию болевого синдрома, а также действуют как закаливающий фактор при температуре воды 26-28,5°C и вызывают релаксацию мышц при ее повышении (свыше 38°C).

Гидрокинезотерапия показана при варикозной болезни вен, остеохондрозе, ожирении, колитах, холецистите, сахарном диабете, вегетососудистой дистонии и других заболеваниях.

Занятия в воде проводятся 3-4 раза в неделю по 15-45 мин. Постепенно увеличиваются нагрузка, повторяемость выполнения упражнений, их количество и т. п.

#### Занятия на тренажерах

В последние годы в профилактическую, оздоровительную физкультуру (и в систему реабилитации) стали широко внедряться тренажеры, которые позволяют целенаправленно воздействовать на тот или иной сегмент, орган, функциональную систему и пр. Особая ценность тренажеров состоит в том, что, включая те или иные упражнения, можно их дозировать по силе, темпу, амплитуде движений. Тренажеры можно разместить дома, в школе, в рабочем кабинете и т. п. Они предназначены для развития силы, выносливости мышц, разработки суставов и для ликвидации последствий гиподинамии, т. е. мышечного голода.

Применяемые на тренажерах упражнения воздействуют на определенные (отдельные) группы мышц и суставы. Кроме того, выполнение таких упражнений требует определенного исходного положения. Занятия на тренажерах (и облегченных аппаратах, различных блоках и т. п.) способствуют развитию основных движений в суставах и укреплению мускулатуры. Правильно организованные занятия на тренажерах не должны вызывать болевых ощущений.

#### Спортивные игры

Спортивные игры хорошо развивают двигательную активность, однако они не могут конкурировать с лыжным спортом, плаванием, греблей и др.

Игровые виды спорта, особенно баскетбол, теннис, ручной мяч, можно отнести к типу импульсивно-скоростной тренировки. Они незначительно повышают функциональное состояние.

#### Теннис

Теннис - это игра с ответными ударами, в которую можно играть на открытом воздухе и в помещении. Для тенниса характерно многообразие движений - бег, прыжки, повороты, вращения, сгибания, выпрямления, взмахи,

удары и пр. Теннис - это высокоподвижная игра с известными физиологическими показателями естественной интервальной нагрузки.

Очень важно, что теннисом могут заниматься представители обоих полов до самого преклонного возраста.

#### Бадминтон

В бадминтон можно играть везде, он доступен людям любого возраста. Для этой игры не нужны специальная подготовка и специальные знания. Занятия бадминтоном способствуют развитию быстроты, ловкости, гибкости, глазомера, точности реакции, выдержки, а также спортивно-технических навыков. Благодаря этому бадминтон является и составной частью тренировок во многих видах спорта, и оздоровительным средством.

#### Настольный теннис

Настольный теннис развивает быстроту реакции, выносливость, ловкость, а также реактивные и координационные способности для управления технико-тактическими действиями.

Настольный теннис является важным фактором активного отдыха, потому что им могут пользоваться люди самого разного возраста.

#### Лапта

Лапта способствует развитию быстроты, ловкости, координации движений и других качеств. Основной элемент игры - это бег с изменением направления. От темпа, скорости и длины пробегаемых отрезков, подготовленности (тренированности) зависит нагрузка, расход энергии может составлять от 3500 до 4000 ккал. ЧСС во время бега может достигать 160-190 уд/мин. В процессе игры происходит совершенствование анализаторов (зрительного, слухового, двигательного). Зрительное восприятие в основном определяет поведение и действия игрока на поле. В процессе спортивных игр формируются ловкость, координация движений и моторика. Прыжки, броски (метания), сгибание, разгибание, вращение, повороты, толчки и другие действия положительно влияют на рост, развитие и осанку занимающегося.

В современном физическом воспитании игры нашли полное признание, и среди физических упражнений они в целом составляют значительную часть активного отдыха.

#### Туризм

Туризм делится на водный, горный, пешеходный, лыжный и велотуризм. Это составная часть физической культуры и спорта, поскольку он служит ведению здорового образа жизни, развитию, совершенствованию и сохранению физической работоспособности и всесторонней подготовки.

Оздоровительный эффект туризма связан с воздействием трех важнейших факторов: внешней среды, климатических условий (весна, лето, зима, осень) и вида деятельности (пеший, лыжный, водный и т. п.).

*Пешие походы* приобретают особое значение - они могут использоваться в качестве активного отдыха широкими слоями населения всех возрастов, при любой погоде и в любое время года. В этой связи пешие походы являются хорошим средством оздоровления. Туристы обычно проходят от 20 до 60 км в день со скоростью от 5 до 7 км/ч и с перепадом высоты от 500 до 1500 м. Эстетико-познавательный поход осуществляется со средней скоростью 4-5 км/ч и вызывает эффект психологического расслабления.

В таблице 2 показаны протяженность туристических маршрутов, темп, продолжительность похода.

Таблица 2 – Протяженность маршрутов и скорость движения

Возраст в годах	Однодневный поход, км	Многодневный, км/день	Скорость, км/час	Багаж, кг
Дети 10-12	10-12	8-10	3	3
Дети 12-14	12-18	10-15	3-4	4
Молодежь 15-18	15-25	12-20	4	5-7
Взрослые старше 18	20-40	15-30	4-5	6-10
Спортсмены-туристы старше 18	20-60	15-30	5-7	6-10

Самый экономный темп ходьбы равен 4 км/ч. При длительных нагрузках темп должен оставаться по возможности постоянным, так как чередование темпа и частые остановки вызывают быстрое утомление.

В многодневных походах каждый 3-й или 4-й день должен быть днем отдыха.

Для *велотуризма* подходит любой дорожный велосипед. Туловище велосипедиста лишь немного наклонено вперед, и если возникают боли в плечевых суставах, то это связано с неправильным положением. В таком случае руль следует установить немного выше.

На обычном велосипеде при нормальных условиях езды, т. е. по хорошей дороге без подъемов, велосипедист-турист может ехать со средней скоростью в 15-18 км/ч.

#### Водный туризм

Отправляясь в поход по реке, турист должен управлять лодкой и плавать. Довольно рискованным туристическим путешествием является сплав на лодках или плотах по горным рекам.

Протяженность маршрута по реке на складной байдарке или на гребной шлюпке 30-40 км. На больших озерах и в прибрежных водах обычно используют учебные лодки.

При попутном ветре туристы охотно пользуются парусными лодками. Туристические походы на парусных лодках предпринимаются преимущественно на больших озерах или на море.

#### Лыжный туризм

Свежий воздух и движение благоприятно воздействуют на здоровье. Лыжные прогулки в лесу (парке-, сквере) приносят людям здоровье и бодрость. Лыжные прогулки более ценны, чем летние турпоходы.

Во время коротких остановок рюкзаки снимать на следует, а лыжи снимаются. В походах с детьми нужно отдыхать в отапливаемых помещениях.

#### Ближний туризм

Обычно это пешеходные прогулки в течение 1-3 и более дней, они рассматриваются как метод тренировки всего организма. Ближний туризм применяется в санаторно-курортном лечении, а также на туристических базах. Прогулки могут проводиться на лодках, велосипедах, лошадях и т. п. Смена рельефов местности, солнечные и воздушные ванны - все это благоприятно действует на психику и функциональные системы организма.

#### Терренкур

Является разновидностью ходьбы. В отличие от дозированных прогулок по ровной местности, маршруты терренкура проходят с использованием пересеченной местности в условиях санаторно-курортной зоны

или в парке, лесу и других местностях. Величина физической нагрузки зависит от длины маршрута (обычно 500, 1500, 2000, 3000 м), рельефа местности, темпа, количества остановок. Терренкур показан при заболеваниях кардиореспираторной системы, неврозах, эндокринных заболеваниях, при ожирении, пожилым людям и всем тем, кто ведет здоровый образ жизни.

### РАСХОД ЭНЕРГИИ

Зависит от вида и сложности маршрута, интенсивности перемещения (движения). Так, при ходьбе в среднем темпе с рюкзаком весом до 15 кг энергии расходуется в 5 раз больше, чем в покое, а при ходьбе на лыжах со скоростью до 10 км/ч без рюкзака - в 10 раз больше.

Горный туризм требует еще больших затрат энергии, которые связаны с личным снаряжением (лесоруб, кошки, пояс, обвязка, молотки, крючья и др.), недостатком кислорода (среднегорье или высокогорье), низкой температурой воздуха на высоте, глубоким снегом и другими факторами.

Наиболее низкие энергозатраты в водном туризме.

Энергозатраты во время занятий оздоровительной физкультурой

В состоянии относительного физического покоя (сидя, стоя) человек в среднем расходует примерно 1,0-1,25 ккал/мин. Эта величина варьирует в зависимости от роста, массы тела, пола и температуры воздуха.

Известно, что для сохранения здоровья, поддержания высокой физической работоспособности и нормального течения окислительно-обменных процессов человек должен расходовать на двигательную активность примерно 1200-2000 ккал в сутки сверх основного обмена, который обычно составляет 1600-1800 ккал.

Степень интенсивности физических нагрузок, их объем должны соответствовать режиму двигательной активности. При расчете энергозатрат во время занятий физкультурой следует учитывать соотношение достигаемой при нагрузке ЧСС с энергозатратами (табл. 3).

Таблица 4 – Формы занятий физкультурой

Формы занятий физкультурой	Энерготраты при массе тела 70 кг, ккал/ч
Утренняя гигиеническая гимнастика, 15 мин	45-60
Лечебная гимнастика, 30 мин (тренирующий режим)	до 150
Оздоровительная гимнастика, 60 мин (тренирующий режим)	до 300
Лечебная гимнастика в бассейне, 25-30 мин	150-160
Терренкур (ходьба с углом подъема 15° и скоростью 2 км/ч), 60 мин	450

Тот или иной вид физической деятельности контролируется по ЧСС при предварительном тестировании на велоэргометре (или тредмилле, степ-тесте), где определяется толерантность к физической нагрузке. Тестирование позволяет судить о функциональном состоянии кардиореспираторной системы.

Достигнутая при пороговой физической нагрузке ЧСС, электрокардиографические показатели, артериальное давление служат исходными данными для дозирования физической нагрузки (ходьба, бег, игра и другие виды физической деятельности).

J. V. Messer и др. (1962) отметили, что у здоровых людей увеличение потребности левого желудочка в кислороде во время выполнения умеренной нагрузки сопровождалось увеличением скорее коронарного кровотока, чем коэффициента поглощения кислорода.

Составил: профессор кафедры профессиональной педагогики, психологии и физической культуры, доктор биологических наук А.П. Шкляренко