

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра теории и методики физической культуры  
и спортивной медицины

# **ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА**

*Курс лекций*

*Витебск  
ВГУ имени П.М. Машерова  
2021*

УДК 796.01:612(075.8)

ББК 75.0я73

Ф50

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 4 от 18.02.2021.

Составитель: заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спортивной медицины ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент **О.Н. Малах**

Рецензент:

доцент кафедры теории и методики физической культуры и спортивной медицины ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент *Т.Ю. Крестьянинова*

**Физиология спорта** : курс лекций / сост. О.Н. Малах. – Витебск : **Ф50** ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – 132 с.

В учебном издании освещены вопросы физиологии спорта с учетом современных достижений биологической и медицинской наук. Курс лекций соответствует государственному образовательному стандарту и рассчитан на студентов, обучающихся по специальностям «Физическая культура», «Спортивно-педагогическая деятельность (тренерская работа с указанием вида спорта)».

УДК 796.01:612(075.8)

ББК 75.0я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
<i>Лекция 1</i> АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И РЕЗЕРВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА .....	5
<i>Лекция 2</i> ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ .....	16
<i>Лекция 3–4</i> ФИЗИОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ...	30
<i>Лекция 5</i> ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ .....	55
<i>Лекция 6</i> ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ .....	83
<i>Лекция 7</i> СПОРТИВНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ .....	93
<i>Лекция 8–9</i> ТРЕНИРОВКА КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС	110
<i>Лекция 10</i> ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СПОРТИВНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ .....	125
ЛИТЕРАТУРА .....	131

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В системе подготовки специалистов физической культуры и спорта все возрастающее значение приобретают знания по оценке функционального состояния организма занимающихся физической культурой и спортом. Физиология спорта изучает закономерности изменения функций организма и механизмы их регуляции при различных видах спортивной деятельности.

Большую роль в подготовке специалистов играет включение в курс лекций тем, где раскрываются особенности протекания физиологических процессов в различных видах спорта, механизмов адаптации организма к физическим нагрузкам различной мощности, повышения физиологических резервов организма.

Особое внимание в курсе лекций уделено вопросам изучения механизмов влияния двигательной активности на системы организма человека в различные периоды онтогенеза, а также физиологических основах спортивной тренировки и спортивной работоспособности, что является основой для научного обоснования работы по достижению высоких спортивных результатов, а также сохранения здоровья тренирующихся.

Содержание данного учебного издания соответствует государственному образовательному стандарту, утвержденному Министерством Республики Беларусь для студентов, обучающихся на факультете физической культуры и спорта по специальностям «Физическая культура. Физкультурно-оздоровительная и туристско-рекреационная деятельность», «Физическая культура. Тренерская работа по виду спорта», «Спортивно-педагогическая деятельность (тренерская работа с указанием вида спорта)» с учетом межпредметных связей и программ по смежным дисциплинам.

## АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И РЕЗЕРВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА

**Физиология спорта: цель, задачи, направления, разделы.** *Физиология спорта* – это специальный раздел физиологии человека, изучающий изменения функций организма и их механизмы под влиянием мышечной (спортивной) деятельности и обосновывающий практические мероприятия по повышению ее эффективности.

Спортивная физиология по своему месту в системе подготовки специалистов по физической культуре и спорту связана с тремя группами учебных и научных дисциплин. Первую группу составляют фундаментальные науки, на которых базируется физиология спорта, она и использует их теоретические достижения, методики исследования и сведения о факторах среды, с которыми взаимодействует организм спортсмена в процессе тренировочной и соревновательной деятельности. К числу таких дисциплин следует отнести биологию, физиологию человека и животных, химию и физику.

Во вторую группу входят учебные и научные дисциплины, взаимодействующие с физиологией спорта таким образом, что они взаимно обогащают или дополняют друг друга. В этом плане физиология спорта тесно связана с анатомией, биохимией, биомеханикой, гигиеной и психологией.

Третью группу дисциплин, с которыми связана физиология спорта, составляют те из них, которые используют ее научные достижения и методики исследования в своих целях. К ним относятся теория и методика физической культуры, педагогика, спортивно-педагогические дисциплины, спортивная медицина, лечебная физкультура.

Цель физиологии спорта – исследуя и учитывая резервные возможности организма человека, обосновать пути и средства повышения работоспособности, ускорения восстановительных процессов, предупреждения переутомления, перенапряжения и патологических сдвигов функций организма, а также профилактику возникновения различных заболеваний.

Физиология спорта решает следующие задачи:

- научное обоснование, разработка и реализация мероприятий, обеспечивающих достижение высоких спортивных результатов и сохранение здоровья спортсменов;
- сравнительное изучение функционального состояния организма человека;
- обоснование, разработка и внедрение экспресс-методов с целью исследования функциональных систем адаптации, формирующихся к различным видам физических упражнений.

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

Исследования в физиологии спорта ведутся в следующих *направлениях*:

- физиологическое обоснование закономерностей укрепления здоровья человека с помощью физических упражнений и повышение устойчивости его организма к действию различных неблагоприятных факторов внешней среды (температура, давление, радиация, загрязненность воздуха и воды, инфекции), а также в сохранении и восстановлении работоспособности, препятствие развитию раннего утомления и коррекция психоэмоциональных перегрузок в процессе профессиональной деятельности человека;
- физиологическое обоснование мероприятий, направленных на достижение высоких спортивных результатов, особенно в большом спорте.

Физиология спорта включает в себя два относительно самостоятельных и вместе с тем связанных между собой *раздела*. Содержанием первого – **общей физиологии спорта** – являются физиологические основы адаптации к физическим нагрузкам и резервные возможности организма, функциональные изменения и состояния организма при спортивной деятельности, а также физическая работоспособность спортсмена и физиологические основы утомления и восстановления в спорте. Второй раздел – **частная физиология спорта** – включает в себя физиологическую классификацию физических упражнений, механизмы и закономерности формирования и развития двигательных качеств и навыков, спортивную работоспособность в особых условиях внешней среды, физиологические особенности тренировки женщин и детей разного возраста, физиологические основы массовых форм оздоровительной физической культуры.

**Динамика функций организма при адаптации и ее стадии.** *Адаптация физиологическая* – совокупность физиологических реакций, лежащая в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленная к сохранению относительного постоянства его внутренней среды – гомеостаза.

Значение проблемы адаптации в спорте определяется, прежде всего, тем, что организм спортсмена должен приспособливаться к физическим нагрузкам в относительно короткое время. Именно скорость наступления

адаптации и ее длительность во многом определяют состояние здоровья и тренированность спортсмена. Установлено, что морфофункциональные особенности организма человека, сформировавшиеся в течение длительного периода эволюции, не могут изменяться с такой же быстротой, с какой изменяются структура и характер тренировочных и соревновательных нагрузок в спорте. Несоответствие во времени между этими процессами может приводить к возникновению функциональных расстройств, которые проявляются различными патологическими нарушениями.

Выраженность изменений функций организма в ответ на физическую нагрузку зависит прежде всего от индивидуальных особенностей человека и уровня его тренированности. Изменения функциональных показателей организма спортсменов могут быть правильно проанализированы и всесторонне оценены только при рассмотрении их в отношении к процессу адаптации.

Приспособительные изменения в здоровом организме бывают двух видов:

- изменения в привычной зоне колебаний факторов среды, когда система функционирует в обычном составе;
- изменения при действии чрезмерных (непривычных) факторов с включением в функциональную систему дополнительных элементов и механизмов.

Первая и вторая группы приспособительных изменений нередко называются адаптационными. Однако более оправданным будет называть первую группу изменений *обычными физиологическими реакциями*, т.к. эти сдвиги не связаны с существенными физиологическими перестройками в организме и не выходят за пределы физиологической нормы. Вторая группа приспособительных изменений отличается значительным использованием физиологических резервов и перестройкой функциональных систем, в связи с чем их целесообразно называть *адаптационными сдвигами*.

В связи с этим большой интерес представляет учение канадского физиолога Ганса Селье об *общем адаптационном синдроме*. Под понятием общего адаптационного синдрома он понимал совокупность защитных реакций организма человека или животных, возникающих в условиях стрессовых ситуаций. В адаптационном синдроме Г. Селье выделял три стадии:

- *стадию тревоги*, обусловленную мобилизацией защитных сил организма;
- *стадию резистентности*, связанную с приспособлением человека к экстремальным факторам среды;
- *стадию истощения*, возникающую при длительном стрессе, что может привести к возникновению заболеваний и даже смерти.

В динамике адаптационных изменений у спортсменов выделяют четыре стадии:

- *физиологического напряжения*;
- *адаптированности*;

- *дизадаптации;*
- *реадаптации.*

Каждой из них присущи свои функциональные изменения и регуляторно-энергетические механизмы. Основными, имеющими принципиальное значение в спорте следует считать две первые стадии. Применительно к общей схеме адаптации такие стадии свойственны людям в процессе приспособления к любым условиям деятельности.

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

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

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

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

вость, раздражительность, вспыльчивость, головные боли, нарушение сна. Снижается умственная и физическая работоспособность.

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

*Стадия реадaptации* возникает после длительного перерыва в систематических тренировках или их прекращении совсем и характеризуется приобретением некоторых исходных свойств и качеств организма. Физиологический смысл этой стадии – снижение уровня тренированности и возвращение некоторых показателей к исходным величинам. Следовательно, спортсменам, систематически тренировавшимся многие годы и оставляющим большой спорт, требуются специальные, научно обоснованные оздоровительные мероприятия для возвращения организма к нормальной жизнедеятельности. Однако возникшие в процессе длительных и интенсивных физических нагрузок структурные изменения в миокарде и скелетных мышцах, нарушенный уровень обмена веществ, гормональные и ферментативные перестройки, своеобразно закрепленные механизмы регуляции к исходным значениям не возвращаются. За систематические чрезмерные физические нагрузки, а затем за их прекращение организм спортсменов в дальнейшем платит определенную **биологическую цену**, что может проявляться развитием кардиосклероза, ожирением, снижением резистентности клеток и тканей к различным неблагоприятным воздействиям и повышением уровня общей заболеваемости.

При адаптации к чрезмерным для данного организма физическим нагрузкам в полной мере реализуется общебиологическая закономерность, которая состоит в том, что все приспособительные реакции организма к необычным факторам среды обладают лишь относительной целесообразностью, т.е. даже устойчивая, долговременная адаптация к физическим нагрузкам имеет свою функциональную или структурную цену.

**Цена адаптации** может проявляться в двух различных формах: 1) в прямом *изнашивании функциональной системы*, на которую при адаптации падает главная нагрузка, 2) в явлениях *отрицательной перекрестной адаптации*, т.е. в нарушении у адаптированных к определенной физиче-

ской нагрузке людей других функциональных систем и адаптационных реакций, не связанных с этой нагрузкой.

Прямая функциональная недостаточность может реализоваться в условиях остро возникшей большой нагрузки, при которой наблюдаются прямые повреждения структур сердца, скелетных мышц, нарушения ферментной активности и другие изменения, являющиеся как итогом самой нагрузки, так и возникающей при этом стресс-реакции. Эта цена срочной адаптации ярко проявляется при первых нагрузках нетренированных людей и устраняется правильно построенным тренировочным процессом и развитием адаптированности.

Цена адаптации в значительной мере зависит от вида физических нагрузок, к которым происходит приспособление. Так, например, у тяжелоатлетов высокотренированных к статическим силовым нагрузкам, наблюдается снижение выносливости к динамической работе; утомление при таких нагрузках у них развивается быстрее, чем у нетренированных здоровых людей. Одновременно у тяжелоатлетов в противоположность людям, тренированным на выносливость, обнаружено снижение плотности капилляров в скелетных мышцах и отсутствие роста массы митохондрий.

На фоне высокой тренированности у штангистов, борцов и других спортсменов нередко наблюдается снижение резистентности к действию холода и простудным заболеваниям, нарушение клеточного и гуморального иммунитета. У высокотренированных на выносливость спортсменов отмечаются нарушения функций желудочно-кишечного тракта, печени и почек, что является следствием ограниченного кровоснабжения этих органов в период длительной мышечной работы.

Однако, высокая цена адаптации и феномены отрицательной перекрестной резистентности при таком приспособлении представляют собой возможное, но вовсе не обязательное явление. Наиболее рациональный путь к предупреждению адаптационных нарушений состоит в правильно построенном режиме тренировок, отдыха и питания, закаливании, повышении устойчивости к стрессорным воздействиям и гармоничном физическом и психическом развитии личности спортсмена.

**Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам.** Адаптация организма к физическим нагрузкам заключается в мобилизации и использовании функциональных резервов организма, в совершенствовании имеющихся физиологических механизмов регуляции. Никаких новых функциональных явлений и механизмов в процессе адаптации не наблюдается, просто имеющиеся уже механизмы начинают работать совершеннее, интенсивнее и экономичнее. В основе адаптации к физическим нагрузкам лежат нервно-гуморальные механизмы, включающиеся в деятельность и совершенствующиеся при работе двигательных единиц (мышц и мышечных групп). При адаптации спортсменов происходит усиление деятельности ряда функциональных систем за счет мобилизации и использо-

вания их резервов, а системообразующим фактором при этом должен являться приспособительный полезный результат – выполнение поставленной задачи, т. е. конечный спортивный результат.

Комплекс функциональных систем, обеспечивающих конечный спортивный результат, формируется организмом спортсмена ради достижения этого результата. Отсутствие результата или систематически недостаточный его уровень могут не только стимулировать формирование данного комплекса, но и разрушать его, прекращать функционирование в зависимости от величины и характера физиологических резервов, воли, мотивации и других факторов. Таким образом, адаптация к мышечной деятельности представляет собой системный ответ организма, направленный на достижение состояния высокой тренированности и минимизацию физиологической цены за это.

**Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам.** При всем многообразии индивидуальной фенотипической адаптации развитие ее у человека характеризуется некоторыми общими чертами. Среди таких черт в приспособлении организма к любым факторам среды следует выделять два вида адаптации – *срочную, но несовершенную, и долговременную, совершенную*. Срочная адаптация возникает непосредственно после начала действия раздражителя и может реализоваться на основе готовых, ранее сформировавшихся физиологических механизмов и программ. Проявлениями срочной адаптации являются увеличение теплопродукции в ответ на холод, увеличение теплоотдачи в ответ на жару, рост легочной вентиляции, ударного и минутного объемов крови в ответ на физическую нагрузку и недостаток кислорода, приспособление органа зрения к темноте, бег человека, обусловленный социально значимой необходимостью. Отличительной чертой срочной адаптации является то, что деятельность организма протекает не в пределах его возможностей при почти полной мобилизации физиологических резервов, но далеко не всегда обеспечивает необходимый адаптационный эффект. Так, бег неадаптированного человека происходит при близких к предельным величинам ударного объема крови и легочной вентиляции, при максимальной мобилизации гликогена в печени. Быстрое накопление молочной кислоты в крови лимитирует интенсивность физической нагрузки – двигательная реакция не может быть ни достаточно быстрой, ни достаточно длительной.

Таким образом, функциональная адаптивная система, ответственная за двигательную реакцию при срочной адаптации, характеризуется предельным напряжением отдельных ее звеньев и вместе с тем определенным несовершенством самой двигательной реакции.

На уровне *нервной и нейрогуморальной регуляции* реализуется интенсивное, избыточное по своему пространственному распространению возбуждение корковых, подкорковых и нижележащих двигательных центров, которому соответствует значительная, но недостаточно координированная

двигательная деятельность. Этот процесс характеризует начальный этап формирования двигательного навыка.

Со стороны *двигательного аппарата* срочная адаптация проявляется включением в реакцию дополнительной части двигательных единиц, а также генерализованным вовлечением лишних мышечных групп. В результате сила и скорость сокращения мобилизованных мышц оказываются ограниченными, но максимально достижимыми для данного вида адаптации; координация мышц недостаточно совершенна.

На уровне *вегетативных систем* обеспечения срочной адаптации к физическим нагрузкам наблюдается максимальная мобилизация функциональных резервов органов дыхания и кровообращения, но реализующихся при этом неэкономным путем. Так, увеличение минутного объема крови достигается ростом частоты сердечных сокращений при ограниченном возрастании ударного объема. Увеличение легочной вентиляции осуществляется за счет возрастания частоты дыхания, но не глубины дыхания, при этом наблюдается несоответствие между частотой дыхания и движений. В итоге легочная вентиляция все же не избавляет от развития гипоксии и гиперкапнии.

В целом срочная адаптация к физическим нагрузкам характеризуется максимальной по уровню и неэкономной гиперфункцией, ответственной за адаптацию функциональной системы, резким снижением физиологических резервов данной системы, явлениями чрезмерной стресс-реакции организма и возможным повреждением органов и систем. В результате двигательные реакции организма оказываются в значительной мере лимитированными.

Долговременная адаптация возникает постепенно, в результате длительного или многократного действия на организм факторов среды. Принципиальной особенностью такой адаптации является то, что она возникает не на основе готовых физиологических механизмов, а на базе вновь сформированных программ регулирования. Долговременная адаптация развивается на основе многократной реализации срочной адаптации и характеризуется тем, что в итоге постепенного количественного накопления каких-то изменений организм приобретает новое качество в определенном виде деятельности – из неадаптированного превращается в адаптированный. В результате обеспечивается осуществление организмом ранее недостижимых силы, скорости и выносливости при физических нагрузках, развитие устойчивости организма к значительной гипоксии, которая ранее была несовместима с активной жизнедеятельностью, способность организма к работе при существенно измененных показателях гомеостаза, развитие устойчивости к холоду, теплу, большим дозам ядов, введение которых ранее было смертельным.

Долговременная адаптация характеризуется возникновением в ЦНС новых временных связей, а также перестройкой аппарата гуморальной регуляции функциональной системы – экономичностью функционирования

гуморального звена и повышением его мощности. В ответ на ту же самую нагрузку не возникает резких изменений в организме, и мышечная работа сопровождается меньшим увеличением легочной вентиляции, минутного объема крови, ферментов, гормонов, лактата, аммиака, отсутствием выраженных повреждений. В результате становится возможным длительное и стабильное выполнение физических нагрузок. Переход от срочной к долговременной адаптации знаменует собой узловое изменение адаптационных процессов, так как именно этот переход делает возможной жизнь организма в новых условиях, расширяет сферу его обитания и свободу поведения в меняющейся среде. Этот момент определяется, прежде всего, тем, что возникает активация синтеза нуклеиновых кислот и белков, что приводит к избирательному развитию определенных структур, лимитирующих двигательную деятельность. Формируются устойчивые двигательные динамические стереотипы, развивается экстраполяция, повышающая возможность быстрой перестройки ответных реакций при изменениях среды, происходит умеренная гипертрофия в скелетных мышцах, сердце, дыхательных мышцах и других рабочих органах, увеличение массы митохондрий. Существенно увеличивается аэробная и анаэробная мощность организма. Нормализуется гомеостаз организма, уменьшается стресс-реакция. Интенсивность и длительность мышечной работы возрастают.

В процессе адаптации организма обмен перестраивается в направлении более экономного расходования энергии в состоянии покоя и повышенной мощности метаболизма в условиях физического напряжения. Такая перестройка биологически более целесообразна и может явиться общим механизмом физиологической адаптации.

Адаптивные сдвиги энергетического обмена заключаются в переключении с углеводного типа на жировой. Ведущую роль в этом играют гормоны: глюкокортикоиды ускоряют распад белка, активируя превращение аминокислот в глюкозу, а катехоламины вызывают мобилизацию резерва гликогена в печени и активацию липолиза жировой ткани, увеличивая приток кислорода, глюкозы, аминокислот и жирных кислот к работающим тканям.

Определенные черты фенотипа, сформировавшиеся в результате долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам, становятся фактором профилактики конкретных болезней или патологических синдромов. Повышение расхода жиров приводит к атрофии жировой ткани, снижению избыточного веса и, при прочих равных условиях, уменьшает развитие атеросклероза. Увеличение емкости и пропускной способности коронарных сосудов, развитие системы экстракардиальных анастомозов способствуют уменьшению вероятности закупорки коронарных артерий и возникновения инфаркта миокарда. Увеличение потенциальных резервов и мощности сердечной мышцы может в течение даже длительного времени воздействия неблагоприятных факторов на организм не приводить к возникновению сердечно-сосудистых расстройств у тренированных людей.

**Функциональная система адаптации.** В достижении устойчивой и совершенной адаптации большую роль играют перестройка регуляторных приспособительных механизмов и мобилизация физиологических резервов, а также последовательность их включения на разных функциональных уровнях. Вначале включаются обычные физиологические реакции и лишь затем – реакции напряжения механизмов адаптации, требующие значительных энергетических затрат с использованием резервных возможностей организма, что приводит в конечном итоге к формированию специальной функциональной системы адаптации, обеспечивающей конкретную деятельность человека.

Такая *функциональная система* у спортсменов представляет собой вновь сформированное взаимоотношение нервных центров, гормональных, вегетативных и исполнительных органов, необходимое для решения задач приспособления организма к физическим нагрузкам. Морфофункциональной основой такой системы является образование в организме *системного структурного следа* в ответ на мышечную работу, что проявляется созданием новых межцентральных взаимосвязей, повышением активности дыхательных ферментов, гипертрофией сердца, скелетных мышц и надпочечников, увеличением количества митохондрий, усилением функций вегетативных систем. В целом, функциональная система, ответственная за адаптацию к физическим нагрузкам, включает в себя три звена: афферентное, центральное регуляторное и эффекторное.

*Афферентное звено* функциональной системы адаптации состоит из рецепторов, а также чувствительных нейронов и совокупностей афферентных нервных клеток в центральной нервной системе. Все эти элементы нервной системы воспринимают раздражения из внешней среды и от самого организма и участвуют в осуществлении так называемого афферентного синтеза, необходимого для адаптации.

*Центральное регуляторное звено* функциональной системы представлено нейрогенными и гуморальными процессами управления адаптивными реакциями. В ответ на афферентные сигналы нейрогенная часть звена включает двигательную реакцию и мобилизует вегетативные системы на основе рефлекторного принципа регуляции функций. Афферентная импульсация от рецепторов к коре головного мозга вызывает возникновение положительных (возбудительных) и отрицательных (тормозных) процессов, которые и формируют функциональную адаптивную систему. В адаптированном организме нейрогенная часть звена быстро и четко реагирует на афферентную импульсацию соответствующей мышечной активностью и мобилизацией вегетативных функций. В неадаптированном организме такого совершенства нет, мышечное движение будет выполнено приблизительно, а вегетативное обеспечение окажется недостаточным.

При поступлении сигнала о физической нагрузке одновременно с описанными выше изменениями происходит нейрогенная активация гуморальной части центрального регуляторного звена, ответственного за

управление адаптационным процессом. Функциональное значение гуморальных реакций (повышенное высвобождение гормонов, ферментов и медиаторов) определяется тем, что они путем воздействия на метаболизм органов и тканей обеспечивают более полноценную мобилизацию функциональной адаптивной системы и ее способность к длительной работе на повышенном уровне.

*Эффекторное звено* функциональной системы адаптации включает в себя скелетные мышцы, органы дыхания, кровообращения, кровь и другие вегетативные системы. Интенсивность и длительность физических нагрузок на уровне скелетных мышц определяется тремя основными факторами: числом и типом активируемых моторных единиц; уровнем и характером биохимических процессов в мышечных клетках; особенностями кровоснабжения мышц, от чего зависит приток кислорода, питательных веществ и удаление метаболитов. Увеличение силы, скорости и точности движений в процессе долговременной адаптации достигается двумя основными процессами: формированием в центральной нервной системе функциональной системы управления движениями и морфофункциональными изменениями в мышцах (гипертрофия мышц, увеличение мощности систем аэробного и анаэробного энергообразования, возрастание количества миоглобина и митохондрий, уменьшение образования и накопления аммиака, перераспределение кровотока).

Таким образом, формирование функциональной адаптивной системы с вовлечением в этот процесс различных морфофункциональных структур организма составляет принципиальную основу долговременной адаптации к физическим нагрузкам и реализуется повышением эффективности деятельности различных органов и систем и организма в целом. Зная закономерности формирования функциональной системы, можно различными средствами эффективно влиять на отдельные ее звенья, ускоряя приспособление к физическим нагрузкам и повышая тренированность, т.е. управлять адаптационным процессом.

**Понятие о физических резервах организма, их характеристика и классификация.** В настоящее время под *физиологическими резервами организма* понимается выработанная в процессе эволюции адаптационная и компенсаторная способность органа, системы и организма в целом усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя. Физиологические резервы обеспечиваются определенными анатомо-физиологическими и функциональными особенностями строения и деятельности организма, а именно наличием парных органов, обеспечивающих замещение нарушенных функций; значительным усилением деятельности сердца, увеличением общей интенсивности кровотока, легочной вентиляции и усилением деятельности других органов и систем; высокой резистентностью клеток и тканей организма к различным внешним воздействиям и внутренним изменениям условий их функционирования.

Все резервные возможности организма можно разделить на две группы: социальные резервы (психологические и спортивно-технические) и биологические резервы (структурные, биохимические и физиологические). Морфофункциональной основой физиологических резервов являются органы, системы организма и механизмы их регуляции, обеспечивающие переработку информации, поддержание гомеостаза и координацию двигательных и вегетативных актов.

Физиологические резервы включаются не все сразу, а поочередно. *Первая очередь резервов* реализуется при работе до 30% от абсолютных возможностей организма и включает переход от состояния покоя к повседневной деятельности. Механизм этого процесса – условные и безусловные рефлексы. *Вторая очередь* включения осуществляется при напряженной деятельности, нередко в экстремальных условиях при работе от 30% до 65% от максимальных возможностей (тренировка, соревнования). При этом включение резервов происходит благодаря нейрогуморальным влияниям, а также волевым усилиям и эмоциям. *Резервы третьей очереди* включаются обычно в борьбе за жизнь. Включение резервов этой очереди обеспечивается безусловнорефлекторным путем и обратной гуморальной связью.

Во время соревнований диапазон физиологических резервов снижается. Его повышение может достигаться закаливанием организма, общей и специально направленной физической тренировкой, использованием фармакологических средств и адаптогенов. Повторные нагрузки, приводящие к суперкомпенсации, обеспечивают повышение рабочих возможностей организма. В этом и состоит главный эффект систематических тренировок. Под влиянием тренирующих воздействий спортсмен в процессе восстановления становится сильнее, быстрее, выносливее, т.е. расширяются его физиологические резервы.

## Лекция 2

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

#### Адаптация сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам

Состояние сердечно-сосудистой системы характеризуют изменения частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД), ударного объема сердца (УОС), минутного объема сердца (МОС).

**Динамика частоты сердечных сокращений.** ЧСС у здорового человека средних лет в спокойном состоянии колеблется между 60–80 ударами в минуту. Она может меняться в зависимости от функционального состояния сердечно-сосудистой системы и зависит от пола, возраста, фи-

зической нагрузки, температуры тела и окружающей среды. Так, ЧСС выше в вертикальном положении по сравнению с горизонтальным. ЧСС подвержена суточным колебаниям (во время сна снижается на 3–7 и более ударов; после приема пищи возрастает). ЧСС уменьшается с возрастом (7–8 лет – 90–92 ударов в минуту, 9–10 лет – 86–88 ударов в минуту, 11–12 лет – 82–84 ударов в минуту).

Урежение частоты пульса ниже средней нормы называется *брадикардией* (40–50 ударов в минуту), учащение – *тахикардией* (превышает 90–100 и доходит до 150 и более ударов в минуту). У спортсменов ЧСС в покое ниже, чем у нетренированного человека, и составляет 50–55 ударов в минуту, т.е. для них характерна брадикардия (у лыжгонщиков, велогонщиков и марафонцев ЧСС составляет 30–35 ударов в минуту).

Физическая нагрузка приводит к увеличению ЧСС. При этом 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. Максимальная величина ЧСС составляет 170–200 ударов в минуту. Дальнейшее повышение нагрузки уже не сопровождается увеличением ЧСС.

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 ударов в минуту и на этом уровне обычно останавливается при определении переносимости физических нагрузок и функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

**Динамика артериального давления.** Артериальное давление колеблется в зависимости от фаз сердечного цикла. В период систолы оно повышается и называется систолическим или максимальным. В период диастолы артериальное давление снижается и называется диастолическим, или минимальным. Разность между величиной систолического и диастолического давления составляет *пульсовое давление*. У здорового человека в возрасте от 20–40 лет уровень систолического давления колеблется в пределах 110–120 мм рт. ст., диастолическое давление – 70–80 мм рт. ст., пульсовое давление составляет 30–45 мм рт. ст. В возрасте старше 50 лет систолическое давление повышается. У 60-летних максимальное давление

равно 135–140 мм рт. ст., у новорожденных оно составляет 50 мм рт. ст. и к концу первого месяца жизни 80 мм рт. ст. С возрастом у мужчин систолическое и диастолическое давление растут равномерно, у женщин же зависимость давления от возраста сложнее: от 20 до 40 лет давление у них увеличивается незначительно, и величина 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. Повышение артериального давления называется *гипертонией*, понижение – *гипотонией*.

При физическом утомлении среднее АД повышается на 10–30 мм рт. ст.

Артериальное давление повышается у спортсменов перед стартом, иногда даже за несколько дней до соревнований. При физической нагрузке происходит в норме повышение систолического АД и понижение диастолического АД.

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

**Динамика ударного объема сердца.** Сердце приспосабливается к постоянно изменяющимся условиям жизни человека. В покое желудочки взрослого человека выталкивают в сосудистую систему около 5 литров крови в минуту. Этот показатель – минутный объем кровообращения. При тяжелой работе он возрастает в 5–6 раз. Соотношение между минутным объемом кровообращения в покое и при максимально напряженной мышечной работе говорит о функциональных резервах сердца, т.е. о функциональных резервах здоровья. Количество крови, выбрасываемое каждым желудочком во время систолы, называется ударным, или систолическим объемом крови. Этот показатель колеблется от 70 до 100 мл и увеличивается при физической нагрузке.

При переходе от состояния покоя к нагрузке ударного объема сердца быстро увеличивается и достигает стабильного уровня во время интенсивной ритмической работы длительностью 5–10 мин. Максимальная величина ударного объема сердца наблюдается при ЧСС 130 уд/мин. В дальнейшем с увеличением нагрузки скорость прироста ударного объема крови резко уменьшается и при мощности работы, превышающей 1000 кгм/мин, составляет лишь 2 мл крови на каждые 100 кгм/мин увеличения нагрузки. При длительных и нарастающих нагрузках ударный объем уже не увеличивается.

**Динамика минутного объема сердца.** 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 тяжёлой 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.

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 лёгких 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.

**Масса и размеры сердца.** Сердце, адаптированное к физической нагрузке, обладает высокой сократительной способностью. Но оно сохраняет высокую способность к расслаблению в диастоле при высокой частоте сокращений, что обусловлено улучшением процессов регуляции обмена в миокарде и соответствующим увеличением его массы (гипертрофией сердца).

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 физических малоактивных людей абсолютная величина объема сердца  $740 \text{ см}^3$ , у спортсменов –  $1010 \text{ см}^3$ .

Если нагрузки превышают степень подготовленности спортсмена, в сердечной мышце возникают нарушения кровообращения и неблагоприятные биохимические сдвиги, которые в ЭКГ проявляются как нарушение ритма. Причинами поражений сердца является гипоксемия и гипоксия тканей, спазм коронарных сосудов и атеросклероз.

У спортсменов встречаются дистрофия миокарда, острая сердечная недостаточность, кровоизлияние в сердечную мышцу, метаболические некрозы в миокарде.

В дошкольном и младшем школьном возрасте объем сердца растет пропорционально увеличению суммарного просвета сосудов. Но у высокорослых подростков может наблюдаться замедленное увеличение суммарного просвета сосудов по сравнению с увеличивающимся объемом сердца. Это одна из главных причин необходимости строгой индивидуальной дозировки упражнений для подростков с ускоренным (акселераты) или замедленным (ретарданты) биологическим развитием.

**Функциональные резервы адаптации сердечно-сосудистой системы.** В фазовой структуре сокращения желудочков сердца у спортсменов в условиях относительного покоя отмечаются особенности, которые получили название *фазового синдрома регулируемой гиподинамии*: фаза изометрического сокращения удлиняется, а фаза изгнания относительно укорачивается. Регулируемая гиподинамия сердца является одним из проявлений «экономизирующего» воздействия тренировки.

Синдром регулируемой гиподинамии миокарда является результатом повышения тонуса блуждающего нерва, оказывающего на сердце сдерживающее влияние. Вместе с тем усиленными оказываются и механизмы торможения симпатических (активизирующих работу сердца) влияний.

Проявление регуляторной роли блуждающего нерва обнаруживается уже с 3–4-месячного возраста. Она выражается в уменьшении ЧСС. Систематическая мышечная деятельность приводит к повышению тонуса блуждающего нерва, что сопровождается восстанавливающим эффектом, снижением обменных процессов, а также нормализацией сократительной функции, проводимости и возбудимости сердечной мышцы.

Физиологические механизмы адаптивных перестроек при мышечной деятельности подвержены возрастным изменениям. Период начального усиления работы сердца (1-я фаза вработывания) характеризуется у детей замедленной по сравнению со взрослыми реализацией симпатических вли-

яний на него. Если у взрослых за первые 10–15 с работы продолжительность сердечного цикла уменьшается на 70–80%, то у детей только на 25–30%. Однако поиск оптимального уровня стабилизации (2-я фаза вращивания) у детей короче (20 с), чем у взрослых (45 с). Таким образом, несмотря на относительно медленное увеличение ЧСС в начале работы, дети раньше, чем взрослые, достигают высоких показателей пульса.

Замедленная по сравнению со взрослыми спортсменами перестройка метаболизма сердечной мышцы при интенсивной нагрузке у детей должна быть компенсирована достаточной по времени разминкой. В старшем школьном возрасте создаются морфологические основы, а также происходят изменения в системе регуляции сердца, которые обеспечивают увеличение амплитуды колебаний сердечной производительности в ситуации «мышечный покой – работа». Рабочие сдвиги приближаются к показателям взрослых людей

Юные спортсмены, имеющие физиологически гипертрофированное сердце, хорошо адаптируются к физическим нагрузкам умеренной мощности. При выполнении нагрузки предельной мощности у них отчетливо проявляется гипердинамический синдром. Восстановительные процессы отличаются высокой скоростью. Полезная производительность сердца возрастает по сравнению с нетренированным примерно в два раза. Между тем нагрузка на единицу массы тренированного сердца при максимальной работе возрастает до 25%, т.е. перегрузка такого сердца практически исключается даже при весьма напряженной мышечной работе, характерной для современного спорта.

**Адаптивные изменения в системе крови.** Первичной ответной реакцией системы крови на физическую нагрузку являются изменения в составе форменных элементов крови. Наиболее отчетливы сдвиги в так называемой белой крови – лейкоцитах. Миогенный (мышечный) лейкоцитоз характеризуется преимущественным увеличением зернистых лейкоцитов в общем кровотоке. Одновременно происходит разрушение части лейкоцитов: при напряженной физической нагрузке резко уменьшается число эозинофилов.

Систематическая мышечная деятельность мобилизует естественные защитные факторы организма, его иммунологическую устойчивость. Основным механизмом повышения иммунологического статуса организма является образование специальных защитных комплексов крови (пропердина, интерферона с белками сыворотки крови), мобилизация ретикуло-эндотелиальной защитной системы. Мышечная работа ускоряет миграцию части лимфоцитов в костный мозг. Они стимулируют его кроветворную функцию. Эти изменения в составе крови, в кроветворной функции костного мозга и ретикуло-эндотелиальной системе имеют отчетливую адаптивную направленность.

Физическая нагрузка, связанная с эмоциональными напряжениями, вызывает более значительные сдвиги в составе крови. Так, у спортсменов-парашютистов эмоциональный стресс, вызванный предстоящими прыжка-

ми, сопровождается разрушением эозинофилов и моноцитов, увеличением эритроцитов и гематокрита.

Изменения в составе крови у юных спортсменов наступают быстрее, чем у взрослых, вследствие податливости системы кроветворения внешним воздействием. Мышечная работа, выполняемая в анаэробных условиях, при большом  $O_2$ -долге приводит к компенсаторному усилению эритропоэза. Увеличение числа эритроцитов в крови – надежный инструмент повышения устойчивости к мышечной гипоксии.

Нормальная лейкоцитарная формула после физических нагрузок восстанавливается, как правило, в течение суток. Система так называемой красной крови восстанавливается медленнее: через 24 часа отдыха сохраняются и увеличенное число эритроцитов, и незрелые их формы – ретикулоциты. У спортсменов 16–18 лет после напряженной мышечной работы появляются также и незрелые формы тромбоцитов. У взрослых спортсменов подобные нагрузки вызывают увеличение числа тромбоцитов без изменения их качественного состава.

В результате мышечной деятельности активизируется система свертывания крови. Это одно из проявлений срочной адаптации организма к воздействию физических нагрузок. В процессе активной двигательной деятельности возможны травмы с последующим кровотечением. Программируя «с опережением» такую ситуацию, организм повышает защитную функцию системы свертывания крови. Восстановление системы свертывания крови происходит в течение 24–36 часов после нагрузки. При соизмеримых нагрузках нормализация системы свертывания крови у взрослых происходит быстрее, чем у детей и подростков.

### **Адаптация дыхательной системы к физическим нагрузкам**

**Адаптивные изменения внешнего дыхания и газообмена.** Мышечная работа вызывает многократное (в 15–20 раз) увеличение объема *легочной вентиляции*. У спортсменов, тренирующихся преимущественно на выносливость, минутный объем легочной вентиляции достигает 130–150 л/мин и более. У нетренированных людей увеличение легочной вентиляции при работе является результатом учащения дыхания. У спортсменов при высокой частоте дыхания растет и глубина дыхания. Это наиболее рациональный способ срочной адаптации дыхательного аппарата к нагрузке. Глубокое дыхание сопровождается уменьшением относительного объема так называемого вредного пространства (участков дыхательных путей, в которых не происходит газообмена).

Достижение предельных величин легочной вентиляции, что свойственно высококвалифицированным спортсменам, является результатом высокой согласованности актов с сокращением дыхательных мышц, а также с движениями в пространстве и во времени: расстройство координации

в работе дыхательных мышц нарушает ритм дыхания и приводит к ухудшению легочной вентиляции.

Решающая роль в нарастании объема легочной вентиляции в начале работы принадлежит нейрогенным механизмам. Мощная восходящая проприоцептивная импульсация от сокращающихся скелетных мышц, а также нисходящие нервные импульсы из двигательных зон коры полушарий большого мозга стимулируют дыхательный центр. Дыхание учащается, объем легочной вентиляции растет значительно быстрее, чем идет накопление Н-ионов и повышение напряжения  $\text{CO}_2$  в крови.

Гуморальные факторы регуляции включаются позже, при продолжающейся работе и достижении адекватных ей величин легочной вентиляции. Регуляторная роль  $\text{CO}_2$  проявляется в поддержании необходимой частоты дыхания и установлении необходимого соответствия легочной вентиляции величине физической нагрузки.

Систематическая мышечная деятельность сопровождается увеличением силы дыхательной мускулатуры. Отчетливо растет мощность дыхательных движений. Скорость движения воздушной струи у спортсменов достигает 7–7,5 л/с на вдохе и 5–6 л/с на выдохе. У нетренированных людей мощность вдоха не превышает 5–5,5 л/с, выдоха – 5 л/с.

Важным физиологическим механизмом повышения эффективности внешнего дыхания является закрепление условнорефлекторных связей, обеспечивающих согласование дыхания с длительностью выполнения отдельных частей целостного акта (например, при плавании). В этом отчетливо проявляется системный характер управления физиологическими функциями. В сформировавшейся и закрепленной условно рефлекторным путем системе управления специализированной двигательной функцией оказываются запрограммированными наиболее эффективные способы кислородного обеспечения мышечной деятельности.

**Возрастные адаптивные изменения дыхательной функции.** Направленность адаптивных изменений в системе дыхания в самом общем виде может быть сведена к поиску наиболее совершенных форм регуляции при изменении напряженности мышечной работы, которые проявляют высокой экономичностью дыхания при малоинтенсивной работе и предельной мобилизации аэробных ресурсов – при тяжелых физических нагрузках. Так, у юных бегунов на длинные дистанции при относительно невысоких показателях **максимального потребления кислорода** (МПК) резко увеличивается использование аэробных резервов. Они позволяют поддерживать соревновательную скорость на дистанции при потреблении кислорода до 90% от МПК. Анаэробный порог у них сдвигается в сторону более высоких показателей ЧСС, что является свидетельством высокой экономичности энергообеспечения.

Дыхание в условиях относительного мышечного покоя у подавляющей части детей и подростков несет на себе «издержки» цивилизации – длительное сидение за столом, школьной партой ограничивает подвиж-

ность грудной клетки. Дыхание становится поверхностным, неглубоким. Оздоровительная, физиологическая ценность такого дыхания невелика. Положение ухудшается, когда ребенок дышит ртом, так как в этом случае нос не выполняет своей бактерицидной функции: воздух не очищается от пылевых частиц, а при низкой температуре и не согревается.

При систематической мышечной работе формируется рациональный, физиологически совершенный тип дыхания. Глубокий вдох, форсированный выдох при циклических видах мышечной работы повышают легочную и альвеолярную вентиляцию.

**Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)**, показатель, который не входит в число лимитирующих спортивные достижения. Однако он учитывается в другом, важном для оценки функциональных возможностей показателе – отношении ЖЕЛ к массе тела (жизненный показатель). Величина ЖЕЛ у детей 8–9 лет составляет 1,7–2,2 л. Наиболее высокая ЖЕЛ отмечена у юных пловцов: в 14–15-летнем возрасте – 4,8–5,0 л, а в 16-летнем – 5,5–5,7 л. У спортсменов, занимающихся видами спорта циклического характера, ЖЕЛ значительно выше, чем у нетренированных людей (4,5–5 л). Так, у юных бегунов на длинные дистанции она достигает 6–6,5 л. Жизненный показатель у детей меньше, чем у взрослых. Но уже к окончанию пубертатного периода он приближается к характерному для взрослых.

Объем легочной вентиляции находится в прямой зависимости от **частоты и глубины дыхания**. Частота дыхания у новорожденных детей составляет 70–80 циклов в минуту, дыхательный объем – 15–20 мл, объем легочной вентиляции – 0,6–0,85 л/мин. У годовалого ребенка легочная вентиляция увеличивается до 3–4 л/мин. Одновременно снижается относительный объем дыхания, т.е. объем дыхательного воздуха на единицу массы тела. Интенсивность легочной вентиляции на единицу массы тела у детей больше, чем у взрослых.

В пубертатном периоде увеличиваются темпы прироста мощности дыхательного аппарата. С 11–12 до 17–18 лет легочная вентиляция возрастает в 1,5 раза и достигает величин, характерных для взрослых. При физических нагрузках внешнее дыхание интенсифицируется у детей преимущественно за счет увеличения его частоты. Глубина дыхания изменяется незначительно. Максимальная вентиляция легких быстро прогрессирует: уже в 9-летнем возрасте она может достигать 50–60 л/мин, а к 15–16 годам увеличивается до 130–140 л/мин.

Показатели дыхательной функции при физических нагрузках достигают предельных значений у детей медленнее, чем у взрослых. Так, во время велоэргометрической пробы, выполняемой детьми при ЧСС, равной 90% от уровня взрослых спортсменов, легочная вентиляция составляет только 50%, а потребление кислорода 60%.

Высокая интенсивность легочной вентиляции у детей в известной степени компенсирует более низкий, чем у взрослых, коэффициент утили-

зации кислорода. У детей младшего школьного возраста 1 л кислорода извлекается из 29–30 л вдыхаемого воздуха, у взрослого человека из 24–25 л. Повышение уровня тренированности приводит к улучшению диффузионной способности легких. Это связано с увеличением объема кровотока в легочной ткани, а также с уменьшением толщины альвеолярно-капиллярных мембран. Увеличивающаяся площадь контакта между поверхностью легочных альвеол и стенками капилляров обуславливает ускоренный переход кислорода в кровь.

Транспорт кислорода кровью с возрастом становится более эффективным. Наиболее отчетливо способность крови к переносу кислорода проявляется в пубертатном периоде. Одновременно растет и способность переносить гипоксические состояния, связанные с мышечной работой или с недостатком кислорода во вдыхаемом воздухе (например, при подъеме в горы). В 14–15 лет подростки могут выполнять работу при снижении оксигенации крови вдвое больше, чем дети 8–9 лет.

Снижение напряжения кислорода в крови у детей приводит к кислородному голоданию тканей быстрее, чем у взрослых. Утилизация тканями 1 л кислорода обеспечивается у ребенка кровотоком, равным 21–22 л, у взрослого – равным 15–16 л. Следовательно, гемодинамические затраты (так называемый гемодинамический коэффициент по кислороду) на равное кислородное обеспечение тканей у детей выше.

У детей младшего школьного возраста повышенная по сравнению с подростками 13–14 лет величина минутного объема дыхания на 1 кг массы тела в покое (соответственно 160–170 мл/мин/кг и 125 мл/мин/кг). В 15–17-летнем возрасте минутный объем дыхания снижается до 110 мл/мин/кг. При этом с возрастом увеличиваются абсолютные показатели легочной вентиляции. В условиях относительного мышечного покоя у тренированных юных спортсменов наблюдается пониженная вентиляция легких.

Экономичность функции внешнего дыхания и транспортной функции крови у детей относительно невысока: кислородные режимы у них менее напряженные, чем у взрослых. Это означает, что у детей сохраняются высокие резервы повышения экономичности дыхания с возрастом и ростом уровня тренированности. Легочная вентиляция при напряженной мышечной работе к окончанию пубертатного периода приближается к показателям людей зрелого возраста (100 и более л/мин). О предельных возможностях увеличения легочной вентиляции можно судить по максимальной легочной вентиляции, определяемой в условиях произвольного учащения и углубления дыхания в течение 15–30 с.

Заметное влияние на показатели внешнего дыхания оказывает и характер спортивной деятельности. Наибольшая величина произвольной легочной вентиляции в пересчете на 1 кг массы тела отмечается у юных бегунов на средние дистанции, наименьшая – у спринтеров и тяжелоатлетов.

**Возрастные изменения потребления кислорода.** Важнейший показатель газообмена – МПК становится выше у тренированных детей по сравнению с нетренированными с 10–12-летнего возраста. В более раннем возрасте эти различия незначительны. В условиях нормального возрастного развития МПК стабилизируется к 14 годам у девочек и к 16 у мальчиков. Однако если подростки систематически тренируются, то этой стабилизации не происходит: МПК продолжает повышаться.

Различие в МПК при разном уровне тренированности у детей выражено меньше, чем у взрослых спортсменов. При выполнении предельной мышечной работы возможности юных спортсменов к увеличению обмена в среднем меньше, чем у взрослых. Подростки и юноши быстрее чем взрослые, достигают максимальной величины потребления кислорода, но оказываются не в состоянии поддерживать ее так долго, как взрослые. Если показатели МПК при работе с возрастом увеличиваются, то в условиях относительного мышечного покоя наблюдается отчетливое их понижение. Прирост МПК у тренированных детей происходит быстрее, чем у нетренированных. Величины минутного объема дыхания, потребления кислорода в покое у юных спортсменов уже через 1–2 года тренировки приближаются к величинам взрослых нетренированных людей. Тренируемость аэробных механизмов энергообеспечения доказана экспериментально. Выдающиеся атлеты – бегуны на длинные и сверхдлинные дистанции в течение многих лет показывают высокие результаты с тенденцией к их улучшению. И если предельные показатели аэробного обмена у них существенно не изменяются, то способность выполнять большой объем работы при относительно постоянном уровне энергопродукции растет совершенно отчетливо.

Величины МПК, а также кислородного долга ( $O_2$ -долг) служат показателями энергетического обмена при физических нагрузках. Так, юноши – бегуны на средние и длинные дистанции могут рассчитывать на спортивные успехи при достижении МПК, равного 70–73 мл/мин/кг, а девушки – при достижении МПК, равного 65–67 мл/мин/кг.

Для взрослых спортсменов – легкоатлетов, конькобежцев, велогонщиков, потенциальных призеров мировых первенств, МПК должно составлять 80–85 мл/мин/кг. У лыжников-гонщиков, победителей и призеров олимпийских игр, МПК колеблется от 80 до 90 мл/мин/кг. Такой высокий уровень потребления кислорода достигается при ЧСС более 200 уд/мин и при легочной вентиляции до 180–200 л/мин.

Наряду с МПК показателем адаптивных резервов энергетики является кислородный долг. У спортсменов высокого класса, специализирующихся в беге на 800–1500 м, величины  $O_2$ -долга составляют 310–320 мл/кг, т.е. при оптимальной для бегунов массе тела (60–65 кг)  $O_2$ -долг составляет 19–20 л.

При планировании тренировочных нагрузок необходимо учитывать, что  $O_2$ -долг у юных спортсменов развивается быстрее, чем у взрослых, а способность выполнять работу в условиях  $O_2$ -долга ниже, чем у взрослых.

Выполнение юными спортсменами равной со взрослыми тренировочной нагрузки приводит к большему накоплению молочной кислоты в крови. Следовательно, у юных спортсменов будут более высокими функциональные издержки.

### **Роль эндокринной системы в адаптации к физическим нагрузкам**

**Адаптивная роль системы гипоталамус – гипофиз – надпочечники.** Структурные изменения на клеточном и органном уровнях при физических нагрузках начинаются с мобилизации эндокринной функции, и в первую очередь – гормональной системы гипоталамус – гипофиз – надпочечники. Гипоталамус преобразует нервный сигнал реальной или предстоящей физической нагрузки в эфферентный, управляющий, гормональный сигнал. В гипоталамусе освобождаются гормоны, активирующие гормональную функцию гипофиза. Ведущую роль в выработке адаптивных реакций среди этих гормонов играет кортиколиберин. Под его влиянием освобождается адренкортикотропный гормон гипофиза (АКТГ), который вызывает мобилизацию надпочечников. Гормоны надпочечников повышают устойчивость организма к физическим напряжениям.

В обычных условиях жизнедеятельности организма уровень АКТГ в крови служит и регулятором его секреции гипофизом. При увеличении содержания АКТГ в крови его секреция автоматически затормаживается. Но при напряженной физической нагрузке система автоматической регуляции изменяется. Интересы организма в период адаптации требуют интенсивной функции надпочечников, которая стимулируется повышением концентрации АКТГ в крови.

Адаптация к физической нагрузке сопровождается и структурными изменениями в тканях надпочечников. Эти изменения приводят к усилению синтеза кортикоидных гормонов. Глюкокортикоидный ряд гормонов активизирует ферменты, ускоряющие образование пировиноградной кислоты и использование ее в качестве энергетического материала в окислительном цикле. Одновременно стимулируются и процессы ресинтеза гликогена в печени. Глюкокортикоиды повышают и энергетические процессы в клетке, освобождают биологически активные вещества (гистамин, гепарин, серотонин), которые стимулируют устойчивость организма к внешним воздействиям.

Гормональная функция коры надпочечников во время мышечной работы небольшого объема практически не меняется. Во время большой по объему нагрузки происходит мобилизация этой функции – количество кортикостероидов в моче увеличивается. Неадекватные, чрезмерные нагрузки вызывают угнетение функции. Это своеобразная защитная реакция организма, предупреждающая истощение его функциональных резервов. Секреция гормонов коры надпочечников меняется при систематиче-

ской мышечной работе в целом по правилу экономизации. Однако проявляется это столь своеобразно, что не всегда признаки экономичности могут быть обнаружены. Неоспоримым является факт, что рациональная физическая нагрузка не вызывающая перенапряжения, приводит к повышению устойчивости гормональной функции коры надпочечников.

Повышенная продукция гормонов мозгового слоя надпочечников способствует росту энергопроизводства усилению мобилизации гликогена печени и скелетных мышц. Адреналин и его предшественники обеспечивают формирование адаптивных изменений и до начала действия физической нагрузки. Вспомним, сколько волнений, сколько энергии тратит спортсмен еще до выхода на старт!

Таким образом, гормоны надпочечников способствуют формированию комплекса адаптивных реакций, направленных на повышение устойчивости клеток и тканей организма к действию физических нагрузок. Надо сказать, что этим прекрасным адаптивным эффектом обладают только эндогенные гормоны, т.е. гормоны, выработанные собственными железами организма, а не введенные извне. Использование экзогенных гормонов не имеет физиологического смысла. Известно и другое – экзогенные стероидные гормоны могут вызвать серьезные функциональные расстройства. Глюкокортикоиды оказывают противовоспалительное действие, снижают иммунологическую устойчивость организма, задерживают синтез и ускоряют распад белков, провоцируют психические расстройства.

В функциях мозгового и коркового слоев надпочечников в процессе адаптации к физическим нагрузкам складываются новые соотношения взаимной коррекции. Так, при увеличенной продукции адреналина – гормона мозгового слоя надпочечников – увеличивается и продукция кортикостероидов, сдерживающих его мобилизующую роль. Иначе говоря, создаются условия для оптимальной и адекватной нагрузки изменения продукции гормонов мозгового и коркового слоев надпочечников.

Степень адекватности сдвигов гормональной функции коры надпочечников связана с возрастом. У детей эти сдвиги носят менее адекватный и более выраженный характер. Стрессовые раздражители, соревновательные ситуации вызывают у детей и подростков более значительные, чем у взрослых, сдвиги. У подростков одного паспортного, но разного биологического возраста имеются существенные различия в функции надпочечников при одинаковой мышечной нагрузке. Замедление темпов полового созревания ведет и к меньшей мобилизации коры надпочечников при физических напряжениях. Физическая нагрузка, активизирующая деятельность надпочечников, угнетает функцию щитовидной железы. На фоне предшествовавшей тренировки ее активность повышается. Секреция гонадотропных гормонов гипофиза при мышечных нагрузках падает, хотя выделение других тропных гормонов (АКТГ, тиреотропных, соматотропных) увеличивается.

**Эндокринная функция половых желез.** Внутрисекреторная функция половых желез стимулируется адекватными для детей и подростков физическими нагрузками. Большие нагрузки истощающего характера приводят к угнетению продукции половых гормонов, задерживают половое созревание. Это особенно отчетливо проявляется в том случае, если напряженные физические нагрузки выполняются до наступления пубертатного периода. У девочек 15–16 лет повышенная двигательная активность сопровождается задержкой полового развития, аномалиями менструальной функции. Напряженные физические нагрузки скоростного характера в период менструации приводят к падению работоспособности, ухудшению функционального состояния, расстройству менструального цикла.

У девушек, рано начавших заниматься спортом, быстрее завершается формирование нормального менструального и овуляторного циклов. Однако чрезмерные мышечные напряжения, частые соревновательные нагрузки могут и задержать половое созревание, вызвать расстройство ритмичности овариально-менструальных циклов, особенно в первые месяцы. Интенсивные физические нагрузки в пубертатном периоде могут привести к усилению андрогенной инкреторной функции как у мальчиков, так и у девочек. Последствия этого – *маскулинизация* (появление мужских признаков, черт характера) девочек-подростков. Поэтому при оценке адаптивных перестроек, происходящих в системах жизнеобеспечения организма подростков, необходимо принимать во внимание интенсивность андрогенной гормональной функции. Увеличение выведения андрогенов с мочой служит сигналом для уменьшения нагрузки или изменения ее качественных характеристик.

**Гормональная функция поджелудочной и щитовидной желез.** Кратковременная мышечная работа сопровождается мобилизацией инкреторной функции поджелудочной железы. Содержание инсулина в крови при этом увеличивается. Длительные истощающие нагрузки вызывают уменьшение продукции инсулина. Вследствие этого организм переключается на новые источники получения энергии: мобилизуются процессы окисления жиров. Роль физических упражнений в предупреждении диабета – одного из широко распространенных нарушений функции поджелудочной железы – изучена недостаточно. Известно, однако, что чрезмерные физические нагрузки вызывают перенапряжение ее инкреторного аппарата.

Адаптация к физическим нагрузкам в значительной мере зависит от гормональной активности щитовидной железы. Повышение продукции тироксина и трийодтиронина приводит к усилению энергетических затрат на выполнение мышечной работы. Резко возрастает при этом возможность переутомления и перетренировки. В то же время повышенная активность щитовидной железы у спортсменов в состоянии покоя способствует ускорению пластических процессов.

**ФИЗИОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Роль афферентного синтеза и акцептора результатов действия в формировании двигательного навыка.** Любое двигательное действие – от обычной ходьбы до виртуозного фигурного катания на коньках – это результат сложного управления человеком своими собственными движениями. Сложная система, в которой совершаются процессы управления, делится в основном на управляющую и управляемую системы. В отношении движений человека управляющей системой является центральная нервная система, управляемой системой – двигательный аппарат.

Между управляющей и управляемой системами имеется два вида связи: прямая и обратная. Прямая связь обеспечивает поступление от управляющей системы к управляемой соответствующих приказаний. Благодаря обратной связи передаются сообщения (информация) от управляемой системы к управляющей. Прямая связь при управлении движениями осуществляется через нисходящие пути в центральной нервной системе и эфферентные двигательные нервы: в центробежном направлении из нервных центров поступают к мышцам нервные импульсы. Обратная связь осуществляется через чувствующие афферентные нервы и восходящие пути в центральной нервной системе, которые проводят афферентные, центробежные, импульсы от рецепторов двигательного аппарата в нервные центры. В систему обратной связи, обеспечивающей поступление информации о движении, входят помимо рецепторов двигательного аппарата также рецепторы кожи, глаза, уха, вестибулярного аппарата.

Для управления какой-либо системой необходимо в первую очередь определить *цель, задачу* предстоящего действия (например, толкание ядра на 18 м). Для того чтобы цель была достижимой и задача выполнимой, управляющая система должна располагать *предварительной информацией* о возможностях управляемой системы выполнять задачу, о ее состоянии в данный момент, о всех внешних и внутренних обстоятельствах, которые могут способствовать или препятствовать достижению нужного эффекта. Такая информация может быть двух видов. Один из них представляет информацию о настоящем (о состоянии двигательного аппарата в данный момент, существующих в этот момент условиях). Другой вид информации – информация о прошлом, информация о прежних попытках осуществить данное действие, о накопленном опыте. Такая информация хранится в памяти управляющей системы. В отношении движений это – хранящаяся в нервных клетках информация о всех унаследованных безусловных рефлексх, а также о выработанных новых условно рефлекторных связях.

Помимо определения задачи действия управляющая система должна располагать также *программой действий*, т.е. определенной последова-

тельностью и сочетанием отдельных операций. В программе движений предусматривается определенная последовательность мышечных напряжений и сокращений, а также их одновременность, в основе которых лежит сложная система нервных процессов в двигательных нервных центрах. Примером программы служит динамический стереотип. Он обеспечивает строгую последовательность рефлекторных действий, для чего достаточно вызвать только первое действие.

Начавшись согласно заложенной программе, процесс управления может, однако, не привести к запланированному результату, потому что при реализации этой программы могут быть различные помехи. Поэтому во время действия необходимо поправлять его, корректировать. Эти поправки – *сенсорные коррекции*, по Н.А. Бернштейну, – осуществляются посредством обратной связи, несущей информацию о фактическом протекании данного движения. Эта информация сравнивается, сличается с программой (нервные центры, осуществляющие это сличение, названы П.К. Анохиным «*акценторами действия*»). Результатом сличения являются текущие изменения эфферентных импульсов, корректирующих движение.

В некоторых случаях, когда движение совершается очень быстро, информация о его протекании не успевает своевременно поступать в нервные центры, и, следовательно, последние не успевают эту информацию переработать, сличить ее с программой и внести соответствующие коррекции. Такого рода быстрые движения носят название баллистические. Если снаряд уже полетел, то никаких поправок в его полет внести нельзя. В таких случаях информация о неудавшемся действии подается уже после его совершения. Коррекции вносятся теперь в повторное действие. Следовательно, в обоих случаях используется информация о том, достигло ли данное действие нужного эффекта, цели, решена ли поставленная задача и правильно ли была составлена программа для ее выполнения. Главная цель информации – проинформировать о степени эффективности действия, потому что задача управления заключается в получении определенного эффекта.

### **Управление безусловными двигательными рефлексам**

Процесс управления сложной системой неизмеримо облегчается, если в ней имеются отдельные части (подсистемы), обладающие автоматическим действием. Это значит, что высшим отделам управления нет надобности управлять каждым элементом автоматической системы; достаточно пустить в ход автомат, и он сам, благодаря собственной внутренней системе управления, выполнит необходимое действие.

Управление движениями человека облегчается именно тем, что в его организме есть готовые подсистемы управления движениями – готовые двигательные автоматы. К их числу относятся в первую очередь безусловные двигательные рефлексы.

Безусловные двигательные рефлексы – база, на которой строятся условные рефлексы. Но вместе с тем безусловные двигательные рефлексы могут иметь и самостоятельное значение как автоматически действующая подсистема в сложной системе управления движениями. Управление двигательными автоматами не сводится, однако, лишь к тому, чтобы в нужный момент пустить их в ход. Иногда действие какого-либо из них может оказаться ненужным, вредным для выполнения поставленной двигательной задачи, и тогда деятельность такого автомата должна быть заторможена, подавлена.

**Защитные рефлексы.** Защитные кожно-двигательные рефлексы, имеющие большое биологическое значение для сохранения вида. Для человека, в частности для его спортивных действий, кожно-двигательные рефлексы не играют сколько-нибудь существенной роли для образования спортивных навыков. Наоборот, осуществление целого ряда спортивных движений требует подавления защитных рефлексов (действия боксера, гимнаста, горнолыжника, прыгуна в воду).

**Ориентировочные рефлексы.** Ориентировочные рефлексы в большей мере используются в управлении спортивными навыками. К ним относятся реагирование на судейские свистки и знаки, подаваемые партнерами по игре, проявление интереса к проводимому занятию и тренировке. Вместе с тем чрезмерная выраженность ориентировочных рефлексов, например реагирование на все звуки, поступающие от зрителей, может мешать выполнению спортивного действия и нуждается в сдерживающих влияниях со стороны управляющей системы.

### ***Проприоцептивные рефлексы***

Среди двигательных автоматизмов особенно большое значение для управления движениями имеют проприоцептивные рефлексы.

**Рефлекс на растяжение.** Этот наиболее простой двигательный автоматизм проявляется главным образом в резких маховых движениях: сильный замах (например, при метании), сопровождаясь растягиванием мышц, вызывает их рефлекторное сокращение. Это облегчает последующее движение, направленное в противоположную сторону. Но этот же рефлекс уменьшает эффективность упражнений в растягивании.

**Позно-тонические рефлексы.** Эти рефлексы играют существенную роль в поддержании положения тела и его частей в поле силы тяжести. **Тонусом** (греч. тонос – напряжение) называют произвольное (т.е. автоматическое) напряжение мышц. Если это напряжение направлено против силы тяжести, то оно обозначается как **антигравитационный тонус** (лат. грави-тас – тяжесть).

У новорожденного ребенка еще нет антигравитационного тонуса, поэтому он не способен придать своему телу какую-либо позу. Лишь спустя два-три месяца развивается антигравитационный тонус шейных мышц и

приобретается способность удерживать голову. Затем в этом тонусе начинают участвовать разгибательные мышцы туловища, и появляется способность сидеть, а еще позднее, благодаря развитию тонического напряжения разгибательной мускулатуры ног, – способность стоять.

Все эти позы поддерживаются автоматически, произвольно, пока человек бодрствует, но во время сна тонус мышц резко понижается и поддержание антигравитационных поз становится невозможным. Лишь некоторые мышечные группы сохраняют свое напряжение даже во время сна, например мышцы, смыкающие челюсти.

Тонус мышц-разгибателей обеспечивает правильную осанку тела. Когда человек стоит, ходит, его мышцы, удерживающие тело в вертикальном положении, постоянно тренируются. Если же он большую часть дня проводит сидя, к тому же опираясь на спинку стула и облокотившись, то большинство мышц, поддерживающих антигравитационную позу, в это время расслаблено, и от этого осанка начинает портиться. Но можно сохранить хорошую осанку, если постоянно следить за тем, чтобы туловище было выпрямлено, голова приподнята, и систематически выполнять физические упражнения, укрепляющие разгибательную мускулатуру тела.

К группе позно-тонических относятся, в частности, **шейные тонические рефлексы**. Установлено, что изменение положения головы относительно туловища вызывает перераспределение тонуса мышц конечностей и туловища. Опускание головы повышает тонус мышц-сгибателей туловища и конечностей, а ее выпрямление, откидывание назад повышает напряжение мышц-разгибателей тела, поворот головы – разгибание той конечности, к которой голова повернута. Во всех этих случаях рефлексы возникают вследствие того, что движения головы вызывают раздражение рецепторов мышц и суставов шеи. В спорте некоторые движения всегда сопровождаются соответствующими перемещениями головы относительно туловища: кувырок вперед связан со сгибанием головы, сальто назад – с ее резким разгибанием. Движения головы в этих случаях рефлекторно повышают напряжение мышц тела и тем самым помогают осуществлению нужного движения.

К позно-тоническим рефлексам принадлежит также часть **вестибулярных рефлексов**, главным образом отолитовых. Они способствуют ориентированию спортсмена в окружающем пространстве, в особенности в тех случаях, когда отсутствует зрительное ориентирование. Выпрямительный рефлекс, рефлекс «теменем кверху» обеспечивают автоматическое поддержание правильного положения головы и вертикальной позы тела. Влияние обоих вестибулярных аппаратов на тонус мышц правой и левой половин тела позволяет соблюдать симметрию поз и движений. Вместе с тем в некоторых случаях вестибулярные рефлексы, в особенности чрезмерно выраженные, могут мешать образованию нужного двигательного навыка и поэтому должны подавляться управляющей системой. Например, выпрямительные рефлексы и рефлекторная установка головы теменем кверху служат помехой

при плавании, рефлексы противовращения могут нарушить правильность выполнения «винтов», «волчков» и последующих движений в фигурном катании, а также точность движений у метателей молота и диска, рефлекс «лифта» может мешать мягкому приземлению при соскоке.

При осуществлении не только вестибулярных рефлексов, но вообще всех позно-тонических рефлексов чрезмерное повышение тонуса может не содействовать, а наоборот, препятствовать совершению нужных движений. Если у человека, который спокойно стоит, опустив расслабленные руки, приподнять одну из них до горизонтали и, сразу ее отпустить, то она будет падать замедленно или даже останется некоторое время приподнятой. Происходит это потому, что дельтовидная мышца, пассивно приведенная в состояние укорочения, продолжает его рефлекторно поддерживать, при этом ее антигравитационный тонус повышен. Такое явление легко наблюдать на детях и лицах, не занимающихся активно физкультурой. У спортсменов приподнятая и затем сразу опущенная рука тут же падает, потому что у них выработана способность к произвольному расслаблению отдельных мышечных групп. В данном случае произвольно расслабляется дельтовидная мышца, тормозится ее стремление к автоматическому рефлекторному повышению своего тонуса. Способность к произвольному расслаблению отдельных мышечных групп – пример хорошего управления движениями, заключающегося в согласовании напряжения одних мышц с расслаблением других.

**Координация движений.** Помимо автоматической установки позы тела и его частей существует также автоматическое согласование (*координация*) в движениях конечностей.

В самом простом виде согласованное движение разных мышц проявляется в реципрокной (взаимобратной) иннервации мышц-антагонистов. При быстром рефлекторном сокращении, например, мышцы-сгибателя ее антагонист – разгибатель того же сустава – расслабляется. Происходит это потому, что возбуждение в нервных центрах какой-либо мышцы автоматически вызывает торможение центров мышцы-антагониста. Однако в движениях, требующих высокой точности, реципрокные отношения между центрами антагонистических мышц сменяются их совместным, но разным по величине возбуждением.

Автоматический характер носит также чередование движений конечности – ритмический двигательный рефлекс, – проявляющийся в очередном сгибании и разгибании. Этот безусловный двигательный рефлекс, вовлекающий мышцы не только одной конечности, но и нескольких, лежит в основе шагательного рефлекса. У человека ходьба и бег, как и все циклические движения, также строятся на базе шагательного рефлекса.

Вместе с тем управление некоторыми двигательными действиями спортсмена, например при необходимости переключения циклического характера движения на ациклическое (переключение разбега на толчок

в легкоатлетических и гимнастических прыжках), требует подавления шагательного рефлекса.

Наиболее простые координации в движениях рук – это симметричные движения, при которых одновременно сокращаются симметрично расположенные одноименные мышцы. Такое сочетание движений, имеющее безусловнорефлекторное происхождение, не требует обучения. Все спортивные упражнения, характеризующиеся симметричными движениями рук, воспроизводятся без обучения. Движения перекрестного характера асимметричны и представляют собой навыки, т.е. условные двигательные рефлексы.

Для их образования требуется подавление автоматически возникающих симметричных движений рук.

Простейшими сочетаниями движений верхних и нижних конечностей, возникающими сразу без подготовки и имеющими безусловнорефлекторное происхождение, являются движения рук и ног одной и той же стороны тела в одинаковом направлении. Например, при движении правой руки в сторону легче всего в эту же сторону осуществить движение правой ноги. Движения же перекрестного характера требуют обучения, связанного с подавлением односторонних движений.

### **Условия образования новых движений (навыков)**

Образовавшиеся и закрепившиеся до автоматизма в течение индивидуального опыта новые движения называются *двигательными навыками*.

Одним из условий образования двигательного навыка является подкрепление рефлекса. При образовании двигательного навыка подкреплением служит информация о том, что данное движение оказалось эффективным. Поэтому при выработке спортивных навыков важно заботиться о том, чтобы результат движения был каждый раз обучающемуся известен.

В ряде случаев важным фактором подкрепления является не только удовлетворение от того, что движение достигло цели (например, преодолена планка при прыжке в высоту), но и второсигнальная оценка выполненного движения, например слова педагога «правильно», «хорошо» или балльная оценка.

Условные рефлексy могут образовываться не только на основе безусловных, но и на базе уже выработанных и хорошо закрепившихся условных рефлексов. Так происходит выработка условных рефлексов второго, третьего порядка и т.д. Но это возможно лишь в том случае, если условный рефлекс более низкого порядка стали прочными. Если же первичный условный рефлекс не закреплен, то вторичный условный рефлекс не образуется. Новый двигательный навык вырабатывается на основе каких-либо готовых, заранее выработанных навыков. Но для того, чтобы это происходило успешно, необходимо быть уверенным в том, что старый навык хорошо освоен и прочно закреплен.

Во время выработки условного рефлекса кора больших полушарий головного мозга не должна быть занята другой деятельностью. Нельзя, например, одновременно вырабатывать разные условные рефлексы, так как в этом случае выработка одного из них может затормозить образование другого. Это условие важно соблюдать и при выработке некоторых двигательных навыков. Практика показала, например, что обилие новых упражнений на одном уроке, когда одно из них быстро сменяется другим, не обеспечивает быстрого обучения и прочного навыка. Эффективным оказывается переход к овладению навыком нового движения после того, как в результате достаточного числа удавшихся повторений закрепится навык ранее освоенного движения.

Важным условием образования условных рефлексов является достаточный уровень возбудимости тех отделов мозга, которые участвуют в осуществлении данного условного рефлекса. В отношении выработки новых двигательных навыков это означает, что у обучаемого необходимо пробудить интерес к выполнению данного упражнения. Если он относится к уроку без интереса, выполняет нужные движения чисто механически, не стремясь достичь большего результата, то требуемый двигательный навык вырабатывается медленно, с трудом. Если же педагог сумел пробудить интерес к уроку физической культуры, например путем включения игровых моментов (что особенно важно при занятиях с детьми), элементов соревнования или ставя перед учениками конкретную цель, то выработка нужного двигательного навыка происходит легче. Необходимость достаточного уровня возбудимости нервной системы подтверждается и тем, что в ранние утренние часы, когда еще не полностью прошло сонное торможение, образование новых навыков и совершенствование спортивной техники даются с трудом. Поэтому квалифицированные спортсмены серьезную тренировку проводят не рано утром, а ближе к полудню, фактором, повышающим возбудимость центральной нервной системы, является также включение разминки и подготовительной части урока. Лишь тогда, когда организм хорошо работает, образование новых двигательных навыков и совершенствование спортивной техники осуществляются с большей легкостью.

В учении об условных рефлексах указывается на значение физической силы раздражителя. Образование условного рефлекса происходит с трудом, если сила раздражителя очень мала, но облегчается, если она достаточна (но не чрезмерно) велика. Примером из спортивной практики может служить сила таких звуковых раздражителей, как строевые команды, стартовые сигналы, судейский свисток. Все эти раздражители должны быть достаточной силы.

Помимо понятия физическая сила раздражителя существует понятие физиологическая сила. У спортсмена важно пробудить такой интерес к спортивному упражнению, чтобы он стал сильнее чувства страха перед возможными опасностями, возникающими при выполнении упражнения, например опасностями ушибов при опорных прыжках, при соскоках на уроках гимнастики, при обучении прыжкам в воду.

## Значение торможения в двигательных навыках

**Внешнее торможение.** Если во время действия условного раздражителя возникает какое-либо стороннее сильное раздражение, то условный рефлекс может оказаться заторможенным. В данном случае сторонний раздражитель выступает в роли внешнего тормоза. В спортивной практике подобное явление внешнего торможения встречается часто. Присутствие постороннего лица на спортивном занятии, внезапный крик, резкий шум, вспышка света при фото-съемке, первое выступление на соревновании в присутствии зрителей – все это может вызвать внешнее торможение и нарушить нужный двигательный навык. Показано, однако, что любой раздражитель может потерять свое значение внешнего тормоза, если он применяется часто. Поэтому частое изменение условий, в которых протекают занятия, и особенно частое выступление на соревнованиях помогают избежать внешнего торможения.

Обнаружено, что легче всего затормаживаются непрочные условные рефлексы, недавно выработанные и еще не автоматизированные. Чем прочнее двигательный навык, чем сильнее он закреплен многочисленными повторениями, тем меньше опасность его торможения под влиянием непривычных раздражителей.

**Угасательное торможение.** Если после выработки условного рефлекса повторять действие условного раздражителя, не подкрепляя его безусловным, то рефлекс угасает.

В практике обучения движениям угасательное торможение проявляется в том, что вырабатываемые навыки, не обеспечивающие получения результата, т.е. не подкрепляемые, угасают. Сохраняются лишь те, которые обеспечивают нужный эффект.

Подвергшийся угасательному торможению условный рефлекс может все же проявиться при внезапном действии стороннего раздражителя. Это явление носит название растормаживание. В спортивной практике бывают случаи, когда заторможенный неправильный навык внезапно растормаживается под влиянием, например, обстановки соревнования.

Однажды освоенный и хорошо закрепленный до автоматизма новый двигательный навык полностью никогда не исчезает, как бы длителен ни был перерыв в его повторении. Известно, что такие навыки, как плавание, езда на велосипеде, катание на коньках, легко восстанавливаются даже после перерыва, длившегося десятки лет.

**Запаздывание.** В том случае, если подкрепление следует не сразу после действия условного раздражителя, а некоторое время спустя, вырабатывается запаздывающий рефлекс. Тогда условный раздражитель вызывает вначале не возбуждение, а торможение, которое по мере приближения к моменту подкрепления сменяется возбуждением. В спортивной практике явление запаздывания встречается при действии подготовительной команды: команда «Внимание!» вызывает вначале состояние неподвижности, заторможенности, по-

степенно сменяющееся все более сильным возбуждением, полностью проявляющимся лишь при команде «Марш!» или при выстреле стартера.

Состояние торможения в начале запаздывания может внезапно смениться возбуждением вследствие растормаживания сторонним раздражителем. В спорте оно выражается, например, в фальстарте, если до сигнала стартера возникает какой-либо резкий звук или просто движение находящегося рядом спортсмена.

Торможение во время запаздывания может усиливаться, вплоть до сонного состояния, если очень далеко отодвигается время подкрепления. Например, при слишком большой задержке выхода на старт у спортсмена могут появиться зевота, сонливое состояние, апатия; к тому времени, когда нужно выступать, он оказывается в состоянии общей заторможенности. Этого не произойдет, если предоставить ему возможность двигаться, размяться. В этом случае возникнет нормальное возбуждение, охраняющее нервную систему от углубления запаздывающего торможения.

**Дифференцировочное торможение.** Дифференцировка, т.е. разделение на части, лежит в основе различения похожих друг на друга раздражителей. Если выработать условный рефлекс на один все время подкрепляемый раздражитель, а затем впервые подействовать другим, неподкрепленным, но очень сходным с первым раздражителем, то и этот раздражитель вызовет тот же условный рефлекс. Объясняют это тем, что при образовании условного рефлекса возбуждение не концентрируется в каком-то одном пункте коры, а распространяется и на соседние. Распространение возбуждения по окружающим участкам мозга носит название *иррадиация* (распространение по кругу все возрастающего радиуса). Для того чтобы исключить иррадиацию возбуждения и добиться его концентрации в одном пункте, поступают следующим образом. Наряду с действием подкрепляемого каждый раз условного раздражителя действуют другим, сходным с ним раздражителем, не подкрепляя его. В результате на него вырабатывается торможение. Такую разновидность угасательного торможения называют дифференцировочным торможением.

Процесс дифференцировочного торможения лежит в основе совершенствования любого двигательного навыка. Когда неопытный ученик приступает к выполнению нового для него упражнения, у него происходит иррадиация возбуждения, отчего в процесс напряжения и сокращения вовлекаются многочисленные мышцы, подчас даже не имеющие прямого отношения к данному движению. Но так как сокращение этих мышц не дает нужного эффекта, т. е. не подкрепляется, то в центрах, управляющих этими мышцами, возникает торможение. Возбуждение концентрируется во все более узкой области, и происходит ограничение числа работающих мышц.

Сразу выработать тонкую дифференцировку трудно. Поэтому начинают обычно с более грубой дифференцировки, а затем переходят к более тонкой. Этот прием может быть использован и в практике обучения физическим упражнениям. В качестве примера можно привести эксперимент

с обучением разбегу в прыжках в длину. Как известно, большую трудность в этих прыжках представляет попадание на брусок при отталкивании. Чтобы облегчить образование этого навыка, использовали следующий прием. Рядом с бруском для отталкивания положили еще четыре бруска – по два спереди и сзади. Вначале юных легкоатлетов обучали попадать при разбеге поочередно на самый ближний и дальний бруски. Затем, когда этот навык был освоен, крайние бруски убрали, и теперь для попадания надо было дифференцировать расстояние между вторым и четвертым брусками. Когда же и этот навык оказывался освоенным, то оставляли только один средний брусок. Теперь при отталкивании в конце разбега учащиеся уже редко ошибались в попадании на этот брусок. В то же время в другой группе, в которой юные легкоатлеты обучались прыжкам обычным способом, стараясь отталкиваться всегда от одного бруска, навык попадания на него образовался лишь в очень слабой степени.

**Запредельное торможение.** Торможение, наступающее при применении раздражителя, сила которого выходит за пределы его нормального действия, называют запредельным. Обычно величина условного рефлекса зависит от силы условного раздражителя. Чем больше сила, тем больше величина рефлекса. Однако если чрезмерно увеличивать силу, то с какого-то момента величина условного рефлекса, вместо того чтобы возрастать, начнет уменьшаться. Таким образом, слишком сильный раздражитель, становясь запредельным, оказывает тормозящее действие.

В спортивной практике часто можно наблюдать явление запредельного торможения. Если новичок пытается выполнить упражнение, превосходящее по трудности его возможности, то эти попытки могут вызвать у него состояние торможения и отрицательное отношение к данному упражнению. Иногда упражнение, доступное на тренировках, не получается на соревнованиях. Причиной здесь является чрезмерное возбуждение, сопровождающее выступление на соревнованиях.

Запредельное торможение может наступать и тогда, когда раздражитель не обладает максимальной силой, но действует длительно. В спорте запредельным торможением объясняются многие случаи утомления, наступающего на дистанции.

Запредельное торможение имеет охранительное значение. Благодаря ему клетки центральной нервной системы предохраняются от истощающего их чрезмерно сильного или длительного возбуждения. Если лишить их охранительного торможения (что происходит, например, вследствие действия возбуждающего фармакологического средства – допинга), то чрезмерное возбуждение может привести к срыву, нарушению нормальной их деятельности. Одной из причин такого рода нарушений может быть перетренировка, когда спортсмен, невзирая на сильное утомление, в основе которого лежит запредельное торможение, продолжает все же чрезмерно часто и длительно тренироваться.

## Фазы образования двигательного навыка

Образование двигательного навыка проходит через известные стадии, или фазы. Деление на отдельные фазы образования навыка несколько условно – нельзя точно определить, где кончается одна фаза и начинается другая. В зависимости от степени предварительной подготовленности обучаемого некоторые фазы возникают не последовательно, а почти одновременно. Но одна из них может быть более выраженной, чем другая.

Фаза генерализации. Самое начало образования нового двигательного навыка, как и начало выработки любого условного рефлекса, характеризуется явлением *генерализации* (обобщения). Генерализация проявляется в том, что при начальной выработке условного рефлекса на какой-либо раздражитель такой же рефлекс легко получается и при действии других сходных с ним раздражителей. В фазе генерализации еще отсутствует дифференцировка, различие.

Легко наблюдать явление генерализации в самом начале обучения новому движению. Когда, например, школьника впервые обучают прыжкам в высоту, то бесполезно обращать его внимание на варианты способов прыжка. Он воспримет лишь одну обобщенную задачу – перепрыгнуть через планку. Бесмысленно человеку, не умеющему плавать, излагать особенности плавания кролем, брассом, дельфином. Акцентирование внимания на деталях выполнения техники движений в фазе генерализации не дает эффекта. Они остаются незамеченными. Обучаемый видит только общую задачу, только общую цель движения.

Фаза генерализации может отсутствовать, если новое движение совершается опытным спортсменом. В этом случае возможно с самого начала разучивание деталей изучаемого движения, овладение его тонкостями. В основе генерализации лежит *иррадиация* возбуждения, однако она не всегда служит признаком лишь начального процесса овладения навыком. В ряде случаев можно наблюдать иррадиацию возбуждения, проявляющуюся в вовлечении в работу излишних мышечных групп даже при наличии хорошо освоенного двигательного навыка. Можно, например, заметить, что у опытного бегуна в момент финиша напряжены мышцы шеи, мимические мышцы лица, т.е. те мышцы, которые не участвуют в акте бега. Показано, например, что при сжатии динамометра большее усилие получается, если напрягаются не только мышцы предплечья, обеспечивающие сгибание пальцев руки, сжимающей динамометр, но и мышцы туловища, ног и другой руки. Напряжение этих мышц анатомически никак не может что-либо добавить к усилию мышц, обеспечивающих сжатие динамометра. Очевидно, увеличение силы происходит вследствие влияния дополнительно напрягающихся мышц на нервные центры, осуществляющие основное мышечное усилие. Это влияние обусловлено явлением *доминанты*. При напряжении дополнительной мускулатуры возникает поток афферентных

импульсов, который по принципу доминанты притягивается к нервным центрам, непосредственно ведающим движениями мышц, обеспечивающих сжатие динамометра. Возбуждение в этом доминантном очаге еще более увеличивается, сила сжатия возрастает.

Иррадиация возбуждения в начале образования навыка способствует выполнению нужного движения, когда оно еще недостаточно освоено. Дело в том, что конечности человека представляют собою многозвенную систему с неограниченным числом степеней свободы. Для того чтобы осуществить движение одного звена, проще всего зафиксировать, закрепить все остальные звенья. Нечто подобное происходит у новичка. Напрягающиеся у него многочисленные мышцы играют роль фиксаторов, ограничителей. Закрепляя многие суставы, фиксируя их, уменьшая число степеней свободы до минимума, они ограничивают подвижность, создают прочную опору движению.

Фаза дифференцировки. Раскрепление движений, увеличение степеней свободы происходит уже в следующую фазу. Она характеризуется образованием дифференцировочного торможения, концентрированием возбуждения. Вместо обобщенной реакции в ответ на действие раздражителей возникает аналитический процесс *тонкого различения*. Иррадиация сменяется концентрацией. Неопределенные, неясные двигательные ощущения становятся все более тонкими, четкими. Уменьшается степень закрепощения суставов, увеличивается число степеней свободы, и движения делаются менее скованными, более ловкими, лучше используется действие сил тяжести, инерции, при этом многие мышцы расслабляются. На смену примитивному управлению, проявляющемуся в ограничении, сковывании движений, приходит тонкое управление, в основе которого лежит детальный анализ всей информации о движении, поступающей в нервные центры.

Фаза динамического стереотипа. Наряду с совершенствованием аналитических процессов происходит совершенствование и синтетических. Они не столь элементарны, как те, которые были характерны для начального периода образования навыка, для фазы генерализации. Образуются более сложные синтезы, возникновение которых немислимо без наличия достаточного уровня аналитических процессов.

Одним из проявлений синтетических процессов является выработка динамического стереотипа. Наиболее распространенный вид его – строго определенная последовательность рефлексов. Если действовать различными раздражителями всегда в одинаковой их последовательности, то возникнет целостный условный рефлекс, представляющий собою строго определенную последовательность нервных процессов. В ответ на действие системы раздражителей образуется система нервных процессов. Это проявляется, в частности, в том, что для пуска в ход всей системы уже нет необходимости применять все те условные раздражители, которые использовались вначале для ее образова-

ния. Достаточно подействовать только первым раздражителем, как приходит в действие вся система нервных процессов.

В спорте часто можно наблюдать проявления подобных стереотипов, превращающихся в цепной рефлекс. Хорошо, например, известно, что достаточно приступить к выполнению первого элемента разученной гимнастической комбинации, как вся последующая комбинация легко воспроизводится.

В стереотипе невозможно произвести какую-либо перестановку раздражителей, замену одного раздражителя другим, исключение какого-либо раздражителя или добавление нового. Стереотип сработает так, как будто никаких изменений не произошло. Очень прочно закрепленный стереотип обладает значительной косностью. Его ломка представляет для организма чрезвычайные трудности и иногда вообще не удается.

Динамический стереотип вырабатывается не только постоянной последовательностью раздражителей, но и их одновременным сочетанием. Поэтому система нервных процессов, характеризующих двигательный навык, определяется не только последовательностью движений, но и характером одновременной координации движений различных мышечных групп тела.

Хорошо закрепившийся двигательный навык проходит *фазу автоматизации*. Под автоматизацией принято понимать такое состояние двигательного навыка, для осуществления которого не требуется сосредоточения внимания.

Изучение физиологических механизмов автоматизации показало, что в ее основе лежит определенное соотношение возбуждения и торможения в различных участках мозга. В начале образования условного рефлекса возбудимость особенно велика в тех участках, где возникают условнорефлекторные связи. В это время могут происходить процессы иррадиации возбуждения на соседние участки мозга, и, наоборот, возбуждение с других участков может поступать туда, где идет образование условного рефлекса. У человека начальное образование нового двигательного навыка происходит с участием сознания. По мере того, как условный двигательный рефлекс все более закрепляется, возбуждение концентрируется в определенной группе нервных клеток. При этом вокруг данной группы возникает процесс торможения, охватывающий соседние участки мозга. Благодаря такому «валу» торможения деятельность центров данного условного рефлекса протекает как бы изолированно от остальных процессов и его трудно нарушить сторонним возбуждением. Эта группа нервных центров приобретает значение самостоятельно действующей системы управления. Она обеспечивает работу по типу двигательного автомата и играет роль подсистемы управления по отношению к высшей системе управления, осуществляемой с участием сознания. Высшая система управления уже не вмешивается в каждую деталь работы двигательного автомата. Хорошо автоматизированный двигательный условный рефлекс превра-

щается в прочную основу для образования новых условнорефлекторных связей – новых двигательных навыков. В этом отношении автоматизированный условный рефлекс похож на безусловный рефлекс.

Благодаря автоматизации навыка сознание спортсмена может быть направлено теперь не на детали образования этого навыка, а на другие задачи спортивного действия. Так, теннисист, достигший высокой степени автоматизации движения, думает во время игры не о том, как нужно держать ракету, какую позу лучше принять, чтобы отразить мяч, какое движение в данный момент наиболее целесообразно. Его мысль направлена не столько на технику выполнения движения, сколько на решение возникающих во время игры тактических задач.

### **Управление силовыми, пространственными и временными параметрами движений**

В основе любого движения лежит управление величиной мышечного напряжения, продолжительностью, скоростью мышечного сокращения, амплитудой этого сокращения, координацией работы мышц, определяющей направление, траекторию движения, т.е. выполнение движения требует управления его силовыми, пространственными и временными параметрами. Путем измерения движений человека можно выяснить, с какой точностью происходит управление силовыми, пространственными и временными их параметрами.

Процесс управления движением возможен только при наличии удовлетворительной информации о его параметрах, поступающей в систему управления. Для того чтобы судить об этой информации, надо знать, от каких рецепторов поступают сигналы о параметрах движений, по каким афферентным путям (каналам информации) направляются эти сигналы в центры управления, к каким центрам управления они поступают.

Система управления движениями получает о них информацию со стороны органов чувств. Сигналы о совершаемых движениях посылают рецепторы двигательного аппарата, кожи, зрения, слуха, вестибулярного аппарата. Информация о силе, направлении, скорости, а главное, об эффективности движений, о их результативности лежит в основе совершенствования процесса управления ими. Ребенок, даже никем не обучаемый, научается стоять, ползать, ходить, бегать, прыгать, совершать жизненно необходимые движения. Информация, подаваемая собственными рецепторами, воспринимающими совершаемое движение, представляет собой основную, или собственную, информацию о движении. Когда же человека обучают движениям кто-то со стороны, то кроме основной информации он получает информацию дополнительную, или стороннюю. Эта дополнительная информация поступает от педагога в форме речи, т.е. по линии второй сигнальной системы. Благодаря исключительному богатству и раз-

нообразию информации, содержащейся в словах педагога, тренера, можно осуществлять обучение такому обилию движений, какое невозможно при пользовании лишь основной информацией.

Тренер дает информацию на основе собственных зрительных впечатлений о движениях, выполняемых учеником. Он сличает ее с информацией, заложенной у него в памяти в результате собственного спортивного опыта, педагогического умения, приобретенной системы знаний. Результатом всей этой переработки зрительных впечатлений и является та дополнительная информация, которую он сообщает обучаемому.

Несмотря на всю значимость зрительных впечатлений тренера, они обладают одним существенным недостатком: с их помощью трудно дать точную количественную оценку различным сторонам движений спортсмена. Поэтому, для того чтобы тренер мог давать дополнительную информацию не только о качественной стороне движения, но и о его количественных показателях, он должен быть вооружен специальными техническими средствами измерения движений.

**Управление напряжением мышц.** Сила мышц всегда связана с их напряжением. Изменение напряжения может сопровождаться сокращением мышц (ауксотонические условия) или же только их напряжением (изометрические условия). В каждом случае требуется управление напряжением, а при ауксотоническом режиме, кроме того, необходимо и управление сокращением мышц, т.е. пространственными перемещениями частей тела.

Исследования показали, что управление напряжением мышц в изометрических условиях происходит с грубыми ошибками. Если предложить человеку сжать динамометр, но не с максимальной силой, а, например, вполовину, а затем, не глядя на динамометр, опять повторить то же усилие, то обнаружится значительная разница между первым и вторым показаниями шкалы динамометра. Ошибка достигает подчас 15–25%.

В спортивных условиях также встречаются грубые ошибки в управлении мышечным напряжением, в особенности у начинающих спортсменов. Например, у штангиста нарастание изометрического напряжения до момента отрыва штанги от помоста бывает несоизмеримо с весом штанги.

Если же напряжение мышц осуществляется не в строго изометрических условиях, а сопровождается движением, то точность управления этим напряжением значительно повышается. Это происходит потому, что к трудно осознаваемой информации, поступающей от сухожильных рецепторов, добавляется теперь хорошо осознаваемая информация от суставных рецепторов. Сигналы, которые идут от этих рецепторов, достигают более высоких уровней центральной нервной системы, чем сигналы, идущие от сухожильных рецепторов, и поэтому лучше осознаются.

Вместе с тем если систематически подавать срочную информацию о величине развиваемого напряжения, можно значительно увеличить точность управления им, даже в строго изометрических условиях. Очевидно,

возникают условнорефлекторные связи между сигналами, поступающими от сухожильных рецепторов, и сигналами второй сигнальной системы, воспринимаемыми сознанием.

**Управление движениями в пространстве.** При рассмотрении механизмов управления движениями в пространстве следует различать два вида пространственных перемещений. Один из них относится к перемещениям всего тела в окружающем пространстве, другой – к взаимным пространственным перемещениям частей тела.

Информация о перемещениях всего тела в окружающем пространстве поступает от рецепторов слуха, зрения, вестибулярного аппарата и двигательного аппарата. Значение этих рецепторов в пространственной ориентировке различное.

Слух играет роль в пространственной ориентировке при слушании двумя ушами, позволяя определить направление звука – справа или слева. Он достигает раньше того уха, к которому ближе находится источник звука. Определение направления основано на разнице во времени поступления звука в правое и левое ухо.

Но если звук поступает одновременно в оба уха (т.е. его источник расположен точно в направлении сагиттальной плоскости головы), то определить, где он находится – спереди или сзади, – невозможно. Поэтому необходимо повторно прослушивать звуки, поворачивая голову. (это надо иметь в виду при определении направления в лесу по доносящемуся изда- лека звуку.)

Зрение – один из важнейших источников информации о положении и перемещениях тела в окружающем пространстве. В спорте его значение как определяющего фактора пространственной ориентировки особенно важно в стрельбе, боксе, фехтовании, спортивных играх, фигурном катании, акробатике и многих других видах, где требуются прицеливание, глазомер, зрительный контроль за точностью движения. Наряду с этим точность пространственных перемещений тела сохраняется в некоторых видах спорта и при отсутствии зрения, чему свидетельство выступления слепых в гимнастических упражнениях (в том числе в опорных прыжках), в беге на 100 м, в прыжках в длину. Очевидно, недостаток в пространственной ориентировке, вызванный отсутствием зрения, успешно восполняется высоким уровнем развития двигательного анализатора.

Не меньшее значение, чем зрение, имеет в пространственной ориентировке вестибулярный аппарат. Сигналы, поступающие от его рецепторов, несут информацию о том, где верх и где низ, где правая и левая стороны, каково направление линейных и вращательных передвижений тела.

Лица с нарушенной функцией вестибулярного аппарата при закрытии глаз с трудом удерживают вертикальное положение при стоянии, они сильно отклоняются в сторону при ходьбе. Если нарушена функция только одного вестибулярного аппарата, то возникает асимметрия в раз-

личных движениях. Однако все это бывает лишь в первое время после поражения вестибулярной функции. Лица, у которых это нарушение произошло давно, приобретают способность ориентироваться в пространстве за счет все большей тренировки двигательного анализатора. Например, взрослые глухонемые, у которых потеря слуха и нарушение функции вестибулярного аппарата произошли в раннем детстве, почти ничем уже не отличаются от нормально слышащих людей в способности ориентироваться в окружающем пространстве с закрытыми глазами. Все это подчеркивает ведущее значение двигательного анализатора в пространственной ориентировке.

Еще более велика роль двигательного анализатора в пространственных перемещениях частей тела относительно друг друга. Информация об этих перемещениях поступает главным образом от суставных рецепторов, которые являются рецепторами взаимного расположения смежных звеньев тела. Эти рецепторы информируют не только об изменениях суставного угла, но и о самой его величине, даже если он не изменяется. Следовательно, это плохо адаптирующиеся рецепторы: как бы долго ни сохранялось положение данного сустава, информация об этом положении все время подается в центральную нервную систему. Характерным для суставных рецепторов является и то, что сигналы от них поступают в высшие отделы центральной нервной системы – в корковый отдел двигательного анализатора. Эти сигналы хорошо осознаются, что обеспечивает сознательное и точное управление взаимными расположениями и перемещениями звеньев тела.

Высокая точность ощущений пространственного расположения частей тела благодаря функции двигательного анализатора не уступает точности пространственной оценки со стороны зрительного анализатора. Если отсутствуют точные зрительные ориентиры, то управление пространственными перемещениями частей тела при открытых глазах происходит не более точно, чем при закрытых. Это проявилось при исследовании траектории движения штанги в тяжелоатлетическом упражнении. Воспроизведение нужной траектории осуществлялось при открытых глазах хуже, чем при закрытых, что послужило поводом для штангистов при специальной тренировке в пространственной точности движений выполнять их с повязкой на глазах. Отсутствие заметных нарушений пространственной точности движений обнаружилось и в некоторых гимнастических упражнениях, которые выполнялись с закрытыми глазами.

Вестибулярный аппарат непосредственно не участвует в системе управления пространственными перемещениями частей тела относительно друг друга. Поэтому глухонемые с поражением вестибулярного аппарата способны совершать разнообразные трудовые и спортивные движения с большой точностью. Однако резкое раздражение вестибулярного аппарата отрицательно сказывается на точности движений. Она нарушается, например, сразу после вращения тела, а также при положении вниз головой.

**Управление временем движений.** В основе управления движениями во времени лежит чувство времени. Для восприятия времени не существует специальных рецепторов, и оно может осуществляться за счет любых афферентных систем организма. Сигнализируя о происходящих во времени процессах в окружающей человека внешней среде и во внутренней среде, они представляют «биологические часы» организма. Кроме того, согласно предположениям, отсчет времени совершается на основе ритма биоэлектрических процессов головного мозга.

Способность организма отсчитывать большие отрезки времени лучше всего выражена в физиологических изменениях, происходящих в нем на протяжении суток. Измерения температуры, частоты сердечных сокращений, мышечной силы и т. п., производившиеся каждый час в течение суток, показали, что физиологические функции организма претерпевают строго закономерные суточные изменения. Существует суточный ритм физиологических функций. В основе суточного ритма лежат разнообразные суточные изменения, происходящие в окружающей среде (смена дня и ночи, утра и вечера и т.п.).

Суточный ритм имеет большое значение в спорте. Например, время тренировочных занятий должно назначаться в соответствии с изменениями состояния возбудимости нервной системы, активности функций – обмена, дыхания, кровообращения и др. Показано, что в ранние утренние часы, когда уровень физиологических функций еще относительно низок, мала и эффективность тренировочных занятий. Она возрастает в более поздние часы, в период наибольшей активности физиологических процессов. Соответственно суточному ритму снижается эффективность тренировочных занятий в поздние вечерние часы, когда физиологическая активность идет на убыль.

Учет суточной ритмики физиологических процессов важен в тех случаях, когда спортсмены переезжают в места с другим поясным временем. Естественно, что резкая перемена во времени отрицательно сказывается на работоспособности и спортивных результатах. Поэтому при подобных переездах необходима перестройка суточной ритмики. Этот процесс продолжается одну - две недели. Перестройка суточной ритмики – процесс постепенный и что несоблюдение постепенности может вызвать расстройство в различных отправлениях организма.

В двигательных действиях время проявляет себя по-разному. Это может быть время двигательной реакции на какой-либо раздражитель, время отдельного движения, частота, ритм движений.

Время двигательной реакции на раздражитель состоит из двух периодов: латентного времени и времени движения. Латентное время измеряется от момента подачи раздражителя до появления биотоков в реагирующей мышце. Оно отражает в некоторой степени состояние нервной системы (выше уровня спинного мозга), но не связано с быстротой движений, со спортивной специализацией и квалификацией.

Практически наибольший интерес представляет суммарное время двигательной реакции, т. е. включающее как латентное время, так и время движения. Поэтому для характеристики двигательной реакции спортсмена в естественных условиях измеряется продолжительность всей реакции спортсмена от момента действия раздражителя до завершения движения. В качестве раздражителей, при которых исследуются спортивные двигательные реакции, служат как искусственные сигналы (например, вспышки лампочки того или иного цвета, звуковой сигнал), так и естественные раздражители, встречающиеся в спортивных условиях и требующие срочных ответных реакций. Таковы сигналы стартера, появление мишени в стрелковом спорте, движение руки противника в боксе, оружия соперника в фехтовании и т.п. В ряде случаев создаются условия, близко моделирующие естественные ситуации единоборства или спортивных игр, например используются световой сигнал в определенном участке ворот в футболе или гандболе, движение искусственной руки в боксе, полет мяча, выпущенного катапультой.

Важной задачей во многих видах спорта является возможное уменьшение времени двигательной реакции. Чем оно меньше у фехтовальщика, боксера, футболиста, спринтера и т.п., тем больше у них шансов на спортивный успех. Для уменьшения времени двигательной реакции спортсмена у него развивают способность к управлению временем своего движения. Для этого до сознания спортсмена доводится информация о фактическом времени движения с точностью до 0,01 сек.

Помимо управления временем двигательной реакции в ответ на внешний сигнал, большое значение имеет развитие способности управлять *временем отдельных движений*. Эта способность хорошо тренируется при использовании дополнительной информации о времени движения. Одним из видов такой дополнительной информации является сопровождение движения звуком. В качестве примера могут служить опыты со спортивной ходьбой. Во время двойной опоры ходоку автоматически подавался звуковой сигнал, продолжительность которого соответствовала продолжительности двойной опоры. Используя это автоматическое устройство, ходоки научились сохранять двойную опору при столь быстрой ходьбе, при которой двойная опора обычно превращалась в фазу полета, т.е. происходило превращение ходьбы в бег.

Управление временем движений важно в многократно повторяющихся ритмических движениях, таких как ходьба, бег, плавание, езда на велосипеде и т.п. Способность сохранять или произвольно изменять в нужной мере частоту движений обычно обозначается словами «чувство ритма».

Значительно более трудной задачей, чем *управление ритмически повторяющимся временем отдельных движений*, является управление меня-

ющимся временем повторных движений. Примером, может служить разбег в прыжках в высоту. Здесь несмотря на то, что время одного шага отличается от времени другого, подача информации о времени каждого шага приводит к сознательному управлению этим временем.

Хороший эффект получается, когда каждый шаг разбега в опорных прыжках в гимнастике и легкоатлетических прыжках в высоту сопровождается звуковым сигналом. Выслушивание собственного ритма шагов разбега и сличение его с ритмом шагов мастера спорта, записанным на магнитофон, помогают новичку довольно быстро овладеть ритмом шагов мастера спорта.

**Управление скоростью движений.** В механике скорость измеряется отношением пути ко времени. В ощущениях же и в процессах управления она может выступать как самостоятельная величина, не обязательно возникающая из сочетания времени и пространства.

Во время поступательного перемещения сигналами скорости могут быть, например, звуковые раздражители. Так, велосипедист ощущает ее по высоте звука (шума), производимого цепной передачей и колесами при быстром их вращении. Зрительные раздражения со стороны предметов, мимо которых проносятся спортсмен, также могут сигнализировать о скорости его передвижения. Но главную роль в ощущении скорости играют рецепторы двигательного аппарата.

В циклических движениях скорость субъективно воспринимается в основном как изменение частоты движений. Между тем изменение скорости может происходить как за счет частоты шагов, так и за счет их длины. Изменение длины шагов представляет большие трудности, чем изменение их частоты.

В мышцах имеются рецепторы, специально воспринимающие скорость мышечного сокращения. Такие же рецепторы скорости находятся и в суставных сумках; они сигнализируют об изменении угловых скоростей перемещения в суставе. Эти рецепторы посылают сигналы о частоте движений и о скорости отдельного движения.

Скорость движения частей тела редко бывает равномерной. Чаще движения совершаются с ускорением. Например, при прыжках и метаниях главную роль играет ускорение, сообщаемое телу или метаемому снаряду. Сила удара боксера также зависит в основном от ускорения, которое приобрела движущаяся рука с перчаткой в момент соприкосновения с телом противника. Поэтому управление силой удара, дальностью прыжка и метания осуществляется исходя из информации об изменениях быстроты сокращения мышц.

## Типы нервной системы спортсмена

Успешность выработки условных рефлексов и возникновение различных видов торможения зависят от того, какими свойствами обладает нервная система организма. Разнообразие свойств может быть сведено к трем характеристикам нервной системы: силе, уравновешенности и подвижности. Эти характеристики непостоянны, они сильно подвержены изменениям – развитию, воспитанию, совершенствованию – и могут влиять на успешность образования двигательных навыков. В свою очередь, совершенствование спортивных навыков оказывает влияние на развитие силы, уравновешенности и подвижности нервной системы.

Сила нервной системы определяется той силой раздражителя, при которой возникает запредельное торможение. У сильной нервной системы запредельное торможение наступает с трудом, а у слабой – легче.

Для характеристики качеств спортсмена сила его нервной системы имеет большое значение. Если спортсмен легко сдается на соревнованиях, уступает поле боя без борьбы, если он пасует перед трудностями, то это свидетельствует о недостаточной силе нервных процессов.

Сила или слабость нервной системы является в первую очередь продуктом воспитания. Тренер должен отдавать себе отчет в том, что сила нервных процессов может развиваться в результате систематической, плановой, правильной воспитательной работы. Основным средством развития силы нервных процессов спортсмена является спорт. Чем чаще будут возникать перед спортсменом трудности, вначале небольшие, легко преодолимые, а затем все более трудно преодолеваемые, тем успешнее будет совершаться процесс воспитания силы его нервной системы.

Оберегание спортсмена от трудностей, прекращение работы при первых признаках утомления, отказы от встречи с более сильным противником – все это воспитывает слабую нервную систему, препятствует увеличению силы нервных процессов.

Под уравновешенностью нервной системы понимается соотношение между процессами возбуждения и торможения. При неуравновешенной нервной системе резко преобладает один процесс над другим. Если же процессы торможения развиты так же хорошо, как и процессы возбуждения, то это свидетельствует об уравновешенной нервной системе.

Примером неуравновешенности может служить слабый тип нервной системы. У такого человека достаточно хотя бы несколько увеличить силу раздражения, как немедленно начнет развиваться торможение. Следовательно, торможение преобладает здесь над возбуждением. И.П. Павлов в связи с этим часто называл слабый тип нервной системы тормозным типом.

Возможно, однако, резкое преобладание возбуждательных процессов над тормозными, характерное для возбудимого или безудержного типа. Возбуждение в этом случае легко иррадирует по коре, охватывая значи-

тельную часть нервной системы. Движения от этого становятся некоординированными, излишне порывистыми, суетливыми. Спортсмен с неуравновешенной нервной системой, с резким преобладанием возбудительного процесса над тормозным оказывается мало способным на выработку задержанного торможения и срывается со старта подчас раньше, чем будет дана исполнительная команда. Он плохо соразмеряет силу своих движений и плохо распределяет силы во времени. Ему легче работать «в полную силу», нежели делать дробные усилия.

Преобладание возбудительного процесса над тормозным особенно присуще детям. Часто можно наблюдать, как ребенок, какое бы расстояние ему ни было предложено пробежать, все равно бежит с максимальной скоростью. Поэтому он быстро выдыхается, если предстоит преодолеть относительно длинную дистанцию.

Нужно специально работать над выработкой процессов торможения у детей, а также у взрослых, обладающих возбуждимым типом нервной системы. В спортивных играх они склонны больше всего забить мяч самостоятельно, вместо того чтобы точной пасовкой обеспечить победу команде. В боксе они ведут только наступательную тактику, не заботясь о том, чтобы своевременно закрывать себя, совершать оборонительные движения. Лишь серьезная воспитательная работа тренера, направленная на усиление тормозных процессов, на сдерживание порывов, сможет сделать из такого безудержного возбуждимого типа спортсмена с уравновешенной нервной системой.

Под подвижностью нервных процессов понимается способность переходить от возбуждения к торможению и от торможения к возбуждению. Проверить подвижность нервных процессов можно следующим опытом. На один раздражитель вырабатывается положительный условный рефлекс (возбуждение), а на другой – отрицательный (торможение). Теперь пробуют изменить отношение испытуемого к раздражителям: на первый выработать торможение, а на второй – возбуждение. Если такая «переделка» удалась легко, то перед нами подвижный тип нервной системы. Если же она не удалась совсем или удалась лишь через большое время и при этом оказалась непрочной (т. е. часто проявляется прежнее отношение к раздражителям), то перед нами инертный, или спокойный, тип нервной системы.

Спортсмен, обладающий инертным типом нервной системы, с трудом переключается с одних двигательных приемов на другие, является приверженцем занятий лишь одним видом спорта, причем с трудом приспособляется, если занятия этим видом спорта происходят в не привычной для него обстановке. Наоборот, спортсмен, обладающий подвижным, или, как говорится, живым, типом нервной системы, способен легко переходить с одного вида спорта на другой, с одних условий занятий на другие. Живой тип способен к быстрому переключению с одних приемов спортив-

ной игры на другие, способен отбросить показавшийся ему невыгодным прием и освоить вместо него другой.

Среди спортсменов чаще встречаются лица с сильной, уравновешенной, подвижной нервной системой. Но наряду с этим встречаются у некоторых спортсменов признаки слабости и неуравновешенности нервных процессов. Тренеры в своей воспитательной работе должны учитывать особенности нервной системы учеников. От этой работы во многом зависит формирование типа нервной системы спортсмена. В возможностях тренера превратить слабую нервную систему в сильную, неуравновешенную, безудержную в уравновешенную, инертную, застойную в подвижную, живую.

### Работа мышц

**Физическая работа мышц.** Наибольший интерес для спортсмена представляет в этом отношении вопрос об упруго-вязких свойствах мышц. Упругость измеряется той силой, которую нужно приложить, чтобы изменить форму упругого тела, т.е. деформировать его. За модуль упругости принимают величину усилия, которую надо приложить к телу цилиндрической формы, имеющий поперечник 1 кв. мм, чтобы растянуть это тело до двукратной длины по отношению к исходной. Ясно, что более упругим окажется тело, для деформации которого нужно приложить большее усилие. Мышцы обладают малой упругостью. В этом отношении мышцы приближаются к резине.

Мышца является телом во много раз менее упругим, чем сухожилие и даже нерв, и всего в 10 раз более упругим, чем резина.

Это обстоятельство имеет весьма существенное значение для понимания растяжимости мышцы и даже причины иных спортивных травм. Любое движение представляет собою не только сокращение одних мышц, но и удлинение, растяжение антагонистических мышц. Благодаря малой упругости мышц не требуется приложения больших усилий для их растягивания. Если бы упругость мышц была большой, то это создавало бы непомерные трудности для их антагонистов при совершении движений с большой амплитудой.

Сравнение упругости мышц и сухожилий делает понятным, почему разрывы сухожилий встречаются чаще, чем разрывы мышц. Ведь разрыв происходит только в том случае, если в ответ на приложение какой-либо силы, стремящейся растянуть орган, этот орган не ответил бы нужной степенью растяжения, не уступил бы действию растягивающей силы. Таким органом, в первую очередь, окажется сухожилие, которое с трудом уступает действию растягивающих сил. Правда, сухожилие обладает большой крепостью, поэтому оно редко рвется. Но если оно рвется, то именно потому, что обладает большой упругостью.

Между тем мышца, хотя и обладает гораздо меньшей крепостью, чем сухожилие, зато вследствие малой упругости легко уступает действию растягивающей силы и поэтому труднее рвется. Если прибегнуть к сравнению с механизмами, то уместно сравнить в этом отношении мышцы с пружиной, с буфером, с амортизатором. Именно амортизирующая роль мышц предохраняет соединительные ткани – сухожилия, связки, кости, обладающие очень большой упругостью, – от разрывов и иных повреждений, вызванных приложением большой силы.

Второй характеристикой упругости является *степень ее совершенства*. Под этим понимается способность упругого тела, подвергшегося деформации, восстанавливать свою прежнюю форму по прекращении действия деформирующей силы.

Мышца обладает почти совершенной упругостью. Это значит, что растянутая мышца обязательно вновь укоротится до исходной длины после прекращения действия растягивающей силы. Правда, это укорочение может произойти не с той же скоростью, с какой происходило удлинение под влиянием растяжения.

Если бы мышцы не обладали почти совершенной упругостью, то наши конечности после каждого движения застывали бы в каких-то новых позах. На самом же деле положение конечностей после любого движения, даже с максимальной амплитудой, вновь быстро восстанавливается.

Третьей характерной чертой упругих свойств мышцы является *непостоянство ее упругости*. Большинство физических тел обладает сравнительно постоянной упругостью. Величина упругости стальной пружины, резинового мяча может с течением времени изменяться. Однако происходит это изменение на протяжении многих лет, вследствие глубоких и необратимых изменений в структуре вещества. Мышца же, не в пример другим физическим телам, может изменять свою упругость очень быстро. В этом непостоянстве упругости и заключается главная особенность мышц.

Скорость изменения упругости мышцы чрезвычайно высока и зависит в первую очередь от возбуждения. Подвесим к мышце какой-либо груз. Мышца от этого удлинится. Теперь будем подвергать мышцу раздражению. Мышца укоротится, подняв при этом груз, и будет удерживать груз на весу. Достаточно теперь прекратить раздражение мышцы, как она вновь сразу удлинится под действием груза, так же как она удлинялась до раздражения. Эти простые опыты свидетельствуют о том, что под влиянием нервных импульсов упругость мышцы может резко возрастать. Именно это возрастание упругости является причиной того, что мышца может удерживать и поднимать большие грузы. Изменение упругости мышцы – это процесс обратимый, поскольку, прекращение, возбуждения немедленно ведет к расслаблению мышцы, к падению ее упругости до прежней величины.

Изменения упругости мышц могут быть и не столь резкими, но и более медленными и постепенными. Такие медленные изменения упругости сводятся обычно к изменениям тонуса мышц. Тонус мышц – это длительное состояние несколько повышенной упругости. Благодаря этому мышцы противодействуют силе тяжести и удерживают определенные позы конечностей и всего тела.

Упругость мышц зависит также от времени суток. Как правило, утром, сразу после сна, упругость мышц резко повышена. В это время мышцы трудно растянуть. Лишь на протяжении часов происходит падение мышечной упругости, повышение их растяжимости.

Другим важным физическим; свойством мышцы является ее вязкость. Вязкость сказывается главным образом в скорости деформации. Разные мышцы обладают разной вязкостью. В особенности резко отличаются в этом отношении друг от друга гладкие мышцы и поперечнополосатые. Гладкие мышцы обладают высокой вязкостью, чем и объясняется медленный характер их сокращения и в особенности медленность расслабления. Благодаря своей высокой вязкости гладкие мышцы могут длительно поддерживать состояние укорочения.

Поперечнополосатые мышцы обладают малой вязкостью. Благодаря этому они способны очень быстро сокращаться и столь же быстро расслабляться. Правда, и среди поперечнополосатых мышц встречаются различия в величине вязкости. Дело в том, что и поперечнополосатые мышцы могут в большей или меньшей степени включать волокна, несущие преимущественно тоническую поддерживающую функцию. Такие мышечные волокна обладают относительно меньшей скоростью сокращения и расслабления и, вероятно, обладают повышенной вязкостью. Наименьшей вязкостью обладают такие мышечные волокна, которые приспособлены для совершения особенно быстрых движений.

Вязкость мышцы не является строго постоянной величиной. Она находится, например, в значительной зависимости от температуры. Считается, что вязкость мышцы при нагревании уменьшается. Это обстоятельство следует учитывать в практике спортивных упражнений. Холодные мышцы обладают не только большой упругостью, но и большей вязкостью. Поэтому охлажденным мышцам не свойственна высокая скорость сокращений. Это может являться одной из причин травматических повреждений, особенно часто наблюдаемых при физических упражнениях, совершаемых в недостаточно разогретом состоянии. Согревание мышц (действием внешнего тепла или в результате работы) уменьшает их вязкость и увеличивает скорость сокращения.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ

**Общая классификация движений в спорте.** Число движений, которые совершаются во всех видах спорта, неизмеримо велико. Рассмотреть все движения и дать им физиологическую характеристику нет возможности. Можно, однако, найти в различных движениях общие физиологические черты и объединить движения в группы по принципу общности их физиологических характеристик. По такому пути и пошла современная физиология спорта в разработке физиологической классификации движений в спорте. Приводимые ниже физиологические характеристики спортивных движений построены на основе классификации, в которой учитываются: особенности управления движением, характер усилий и мощность выполняемой мышцами работы, трудность и утомительность работы, доступность упражнений в различные возрастные периоды. По этим главным признакам разработана классификация спортивных движений, которая представлена на приводимой ниже схеме.

В этой классификационной схеме все виды мышечной деятельности, в спорте разбиты вначале на две большие группы – *позы и движения*. Далее позы описываются в зависимости от степени сложности управления ими. Движения делятся первоначально на две большие группы: *стереотипные (стандартные) и ситуационные (нестандартные)*. Стереотипные представляют собой строго определенные, заранее известные движения, совершаемые в не менее строго определенных, стандартных, внешних условиях. В отличие от них ситуационные движения характеризуются неопределенностью, непредвиденностью действия, представляющего собой реагирование на создавшуюся ситуацию, требующую срочного и верного решения возникшей двигательной задачи. К группе ситуационных относятся движения, совершаемые в единоборствах и спортивных играх, а также передвижения по сильнопересеченной местности (кроссы); к стереотипным – все остальные. Стереотипные движения, в свою очередь, делятся на две группы *оцениваемые в количественных мерах и оцениваемые в качественных показателях*. В движениях первой группы спортсмен должен проявить максимальную силу и скорость мышечных сокращений и способность совершать в заданных условиях максимальную работу. Количественными измерителями его спортивного результата являются меры пространства, силы и времени (система CGS-сантиметр, грамм, секунда). В другой группе может быть проявлена и большая мышечная сила, и высокая скорость отдельных движений, и известная выносливость в выполнении упражнений, однако не это является главной целью: в основном демонстрируется высокое качество выполнения данного упражнения, требу-

ющего сложного управления различными движениями и их отдельными параметрами. Таким упражнениям дается оценка в условных единицах – баллах – за их качество.

Движения, оцениваемые в количественных мерах, в свою очередь, делятся на две группы – *циклические и ациклические*. Первые представляют собой ритмическое повторение одних и тех же циклов движений, интенсивность и продолжительность которых могут меняться в больших пределах. Все они относятся к локомоциям, т.е. поступательным перемещениям в пространстве, и измерителями спортивных достижений в этой группе движений являются величина дистанции и время ее прохождения. Вторая группа движений, подлежащих количественной оценке, представляет собой однократные двигательные акты, где главная задача – показать максимум силы или скорости мышечного сокращения, а также точности движений.

### Положения тела (позы) спортсмена

Какое бы движение ни совершал спортсмен, он должен придать своему телу определенное положение в пространстве, иначе говоря, принять какую-то *позу*. Поза тела может поддерживаться при отсутствии движения (например, стойка «смирно», удерживание «угла» в гимнастике), но фиксированная поза туловища может сохраняться и во время движения конечностей (например, вертикальное положение туловища при ходьбе, наклонное – при езде на гоночном велосипеде). Нередки случаи, когда одна поза тела часто сменяется другой (например, в гимнастике). Есть виды спорта, в которых сохранение определенной позы – одна из наиболее важных характеристик данного упражнения. Такова, например, поза стрелка, поза всадника, где незначителен объем движений и несложен процесс управления ими. Он сосредоточивается главным образом на управлении позой.

При всем многообразии поз тела и их сочетаний с движениями все же можно дать им сравнительную характеристику: установить главные факторы, от которых зависит поддержание той или иной позы, найти основные причины, обуславливающие их трудность, определить степень сложности управления ими.

Для характеристики какой-либо позы, встречающейся в спорте, исходят из следующих критериев: 1) как она связана с элементарными познотоническими рефлексам (например, выпрямительными, шейно-тоническими, вестибулярными); 2) в каком возрасте возможно образование и поддержание данной позы; 3) как она взаимодействует с силами гравитации; 4) каковы условия равновесия, необходимые для поддержания данной позы; 5) как велика степень статического усилия мышц, поддерживающих данную позу по сравнению с их максимальной силой.

Исходя из этих критериев, даются характеристики описываемых ниже спортивных поз, причем они рассматриваются в порядке все возрастающей сложности управления ими.

**Лежания.** Несомненно, самой простой позой тела является лежание, т.е. горизонтальное положение тела. Простота его определяется тем, что оно почти не требует управления. От всех других поз лежание отличается отсутствием борьбы с гравитационными силами и возможностью максимального расслабления скелетной мускулатуры. Биоэлектрическая активность мышц при этой позе минимальна.

В спорте лежание встречается при плавании и стрельбе лежа. Тело пловца находится в горизонтальном положении как во время активного плавания, так и при неподвижном лежании на воде. В последнем случае это не полностью расслабленное лежание. Если пловец расслабится, то произойдет сгибание его конечностей и туловища. Дело в том, что сгибатели несколько короче разгибателей и при полном расслаблении мышц тело сгибается в большинстве суставов. Лежание на воде требует выпрямленного положения тела, а для этого должно произойти сокращение разгибателей, которое растянет сгибательные мышцы. Поддержание позы лежа на воде характеризуется непрерывным притоком импульсов к разгибателям, обеспечивающим их напряжение, преодолевающее сопротивление растянутых сгибателей. Все это объясняет, почему человек спит обычно лежа на боку с несколько согнутыми ногами.

При стрельбе из положения лежа ноги и туловище спортсмена выпрямлены под действием силы тяжести. Сгибательные их мышцы при этом растянуты и, следовательно, не расслаблены полностью. Поэтому длительное сохранение этой позы утомительно.

**Сидение.** Это антигравитационная поза тела, которая развивается у ребенка вслед за держанием головы. Данная поза представляет собой противодействие не только силе тяжести, но и тяге растянутых сгибательных мышц шеи и туловища. Разгибательные мышцы имеют, следовательно, двойную задачу: преодоление упругого противодействия растянутых сгибателей и противодействие силе тяжести.

В спорте к сидению относится положение спортсмена в лодке, на велосипеде, мотоцикле, коне. Однако, почти как правило, эти позы часто лишь косвенно напоминают сидение, характеризующееся вертикальным положением туловища при расслабленной мускулатуре ног.

В конном спорте к положению сидя ближе всего положение туловища всадника при «выездке». Однако ноги при этом упражнении напряжены. Резко отличается от сидения положение всадника при скачках, преодолении препятствий. В мотоциклетном спорте рассматриваемая поза встречается лишь при спокойном катании. Мотогонки же требуют сильного наклона туловища и напряжения ног. Еще дальше отстоит от истинного сидения поза велогонщика. В гребном спорте, ближе всего к позе сидения

положение туловища при байдарочной гребле. В академической же гребле большая амплитуда движений туловища и ног требует позы, значительно отличающейся от сидения.

**Стояние.** Вследствие высокого расположения общего центра тяжести тела и малой опорной поверхности поза стояния у человека требует весьма сложного управления. Этим объясняется тот чрезвычайно долгий срок совершенствования процессов управления стоянием, который наблюдается у человека. Первые попытки самостоятельного стояния возникают в конце первого полугодия жизни, дальнейшее совершенствование этой позы продолжается до 12–14 лет.

Но даже у взрослого человека стояние – неустойчивая поза, характеризующаяся заметными периодическими колебаниями тела. В регулировании вертикального положения тела участвуют различные афферентные системы: зрение, вестибулярный аппарат и, главное, рецепторы двигательного аппарата.

В спорте встречаются разновидности позы стояния, зависящие от размеров площади опоры и положения общего центра тяжести. Наиболее устойчивым и, следовательно, наиболее легко управляемым является стояние с широкой расстановкой ног. Оно обеспечивает большую опорную площадь и благодаря этому устойчивость при стрельбе стоя, фехтовании, поднимании штанги, борьбе. При стойке «смирно», в которой ступни сомкнуты, значительно уменьшается площадь опоры и создаются большие трудности для сохранения равновесия, чем при широкой расстановке ног. Эти трудности возрастают при положении одной ноги впереди другой на одной линии (стояние на бревне), при стоянии на одной ноге и особенно при стоянии на носке одной ноги (художественная гимнастика). Резкое уменьшение площади опоры во фронтальной плоскости происходит при стоянии на коньке. В гимнастике и фигурном катании встречается ряд трудных поз, связанных со стоянием на ограниченной опоре в усложненных условиях равновесия.

**Опора на руки.** Использование рук в качестве опоры широко применяется преимущественно в гимнастике. Гимнастические позы с опорой на руки делятся в основном на три группы: вис, упор и стойки на руках.

Вис на перекладине или кольцах представляет относительно легкоуправляемую позу. Это редкий случай устойчивого равновесия человеческого тела, когда его центр тяжести расположен ниже опоры. Способность к вису проявляется еще у грудных детей. Резко выраженный хватательный рефлекс позволяет им, ухватившись за пальцы взрослого человека, удерживать в течение некоторого времени свое тело на вису. Выносливость в виси, исследованная у школьников, оказалась весьма большой (измеряется многими минутами) и сравнительно мало увеличивающейся с возрастом.

В позе упора центр тяжести расположен выше точек опоры и равновесие менее устойчиво, чем в виси. Здесь требуется значительная сила му-

скулатуры плечевого пояса и более сложное перераспределение усилий среди обеспечивающих эту позу мышц. С возрастом выносливость в поддержании позы упора значительно увеличивается.

Стойка на руках – очень сложная поза, в образовании которой механизмы поддержания нормальной позы стояния не участвуют. Непривычное положение тела вниз головой, характеризующееся редко встречающимся в обыденной жизни характером раздражения вестибулярного аппарата, малая опорная поверхность при стойке на кистях и на одной руке, высокое положение общего центра тяжести, наконец, относительная слабость мускулатуры рук по отношению к массе удерживаемого тела – все это создает значительные трудности для управления данной позой. По этой причине стойки на руках представляют собой сложный навык, требующий сравнительно длительного обучения и приобретаемый обычно лишь в школьном возрасте. Стойки на предплечьях, на кистях, на одной руке представляют собой усложняющиеся позы вследствие уменьшения опорной поверхности.

### **Циклические движения**

**Общая характеристика циклических движений.** Среди стандартных движений выделяется особая их группа, характеризующаяся стереотипно повторяющимися циклами одних и тех же частей, или фаз, движений. Эта группа получила название циклических движений. К ним относятся: ходьба, бег, бег на коньках и ходьба на лыжах, плавание, гребля, езда на велосипеде. Все они имеют общие черты:

1. Все фазы движения, существующие в одном цикле, присутствуют и в остальных, причем в той же последовательности.

2. Последняя фаза движения одного цикла является в то же время первой фазой движения следующего цикла. Циклы друг от друга не отделены, каждый из них служит продолжением предыдущего и началом последующего.

3. В основе циклических движений лежит двигательный ритмический рефлекс, имеющий безусловнорефлекторное происхождение и поддерживаемый автоматически. Значительная часть циклических движений представляет собой естественные локомоции или базируется на них.

4. Основными переменными величинами в циклических движениях являются мощность и длительность выполняемой работы. Мощность определяется частотой двигательных циклов, амплитудой движений и их силой. Предельная длительность работы находится в строгой зависимости от ее мощности.

**Мощность и длительность работы в циклических движениях.** Любое циклическое движение (ходьба, бег, велоезда) может совершаться с различной скоростью. При этом меняется количество работы, выполняемой в единицу времени, т. е. мощность. В известных пределах изменение

скорости передвижения происходит соответственно изменению мощности работы.

От скорости передвижения зависит его продолжительность. Это особенно хорошо видно на примере спортивных рекордов. Чем больше скорость передвижения, тем меньше его продолжительность и короче дистанция. Наоборот, длинные дистанции проходятся с меньшей скоростью, но за более продолжительное время.

Фактическая зависимость рекордной длительности бега на разные дистанции от его скорости может быть выражена графически. Если на оси абсцисс отложить время в секундах, а на оси ординат – скорость бега, то, соединив точки, соответствующие данным мировых рекордов, получим кривую, выражающую соотношение между скоростью бега и соответствующей рекордной длительностью.

Такие же графики можно составить по данным рекордов и в плавании, беге на коньках и в других видах спорта. Характер зависимости рекордной длительности от скорости во всех случаях сохраняется один и тот же. Можно наложить эти графики один на другой, сохранив всюду один масштаб времени и только соответственно изменив на ординате масштаб скорости. Получится общая кривая, наглядно демонстрирующая характер функциональной зависимости длительности работы от ее мощности.

Более подробный анализ этой общей «кривой рекордов» показал, что она не однородна на всем своем протяжении, а состоит из четырех зон, названных зонами относительных мощностей. Эти зоны выявляются при рассмотрении кривой рекордов, представленной в логарифмическом виде.

Кривая рекордов в беге, в которой по ординате отложены логарифмы скоростей, а по абсциссе – логарифмы рекордного времени. Мы видим четыре отрезка прямых: точки их перелома соответствуют определенным моментам времени на абсциссе. Первая точка соответствует времени примерно около 20 сек, вторая – 3–5 мин, третья – 30–40 мин. Отрезки кривой между этими периодами времени включают в себя определенные группы дистанций. Первая прямая, параллельная абсциссе, содержит дистанции 100 и 200 м, на второй прямой, спускающейся под углом, находятся дистанции 400, 800, 1500 м, третий отрезок, несколько более пологий, относится к дистанциям 5000 и 10000 м, наконец, последний отрезок соответствует часовому и марафонскому бегу.

Таким образом, точки перелома делят дистанции на группы, традиционно сложившиеся в легкой атлетике. Первая группа – спринтерские дистанции, вторая – средние, третья – длинные и четвертая – сверхдлинные дистанции.

Деление кривой рекордов на отрезки характерно не только для бега, но и для других циклических видов спорта. Анализ рекордов в плавании способом кроль на груди показал, что логарифмическая кривая этих рекордов переламывается в тех же зонах времени, что и логарифмическая

кривая рекордов в беге. То же самое обнаружилось и при анализе рекордов в беге на коньках и лучших достижений лыжников, показанных на равнине.

Следовательно, изменения кривых рекордов по определенным зонам времени закономерны для всех циклических упражнений. Рассмотрим отдельно каждую зону относительной мощности.

Зона максимальной мощности. В пределах этой первой зоны может выполняться работа, требующая максимально быстрых движений. Бег с максимальной скоростью совершается не более 20 сек. Максимально быстрое плавание длится не больше 25 сек. Самая высокая скорость в велоезде показана на дистанции 200 м, преодоленной за 12 сек. Максимально быстрое вращение педалей велоэргометра совершается не дольше 10–15 сек.

Из всего этого можно заключить, что характерной особенностью работы максимальной мощности в любом движении циклического типа является ее предельная длительность, не превышающая 20–30 сек. При этом в мышцах происходит исключительно быстрый распад энергетических веществ: ни при какой работе (кроме силовых движений) в мышцах не освобождается в единицу времени столько энергии, сколько при работе максимальной мощности. Это значит, что и кислородный запрос в единицу времени здесь самый большой. Вместе с тем потребление организмом кислорода во время работы совсем незначительно. Значит, работа мышц совершается почти исключительно за счет бескислородного (анаэробного) распада веществ и почти весь кислородный запрос организма удовлетворяется уже после нее, т. е. запрос почти равен кислородному долгу. Дыхание во время такой работы незначительно: на протяжении тех 10–20 сек, в течение которых совершается работа, спортсмен либо почти совсем не дышит, либо делает лишь несколько коротких вдохов. Зато после финиша дыхание его еще долго усилено, в это время происходит погашение кислородного долга.

Кровообращение также не успевает из-за кратковременности достаточно усилиться. Частота сердечных сокращений возрастает к концу работы значительно. Однако минутный объем крови увеличивается ненамного, потому что не успевает увеличиться систолический объем.

Таким образом, работа максимальной мощности характеризуется чрезвычайно интенсивным анаэробным распадом энергетических соединений, быстрым накоплением продуктов распада в мышцах, большим кислородным долгом, но вместе с тем небольшим усилением дыхания и кровообращения.

Зона субмаксимальной мощности. В границах времени этой зоны (от 20 сек до 3–5 мин) совершается работа субмаксимальной мощности. При ней в мышцах протекают не только анаэробные процессы, как это имеет место при максимальной мощности, но и процессы аэробного окисления. Величина аэробных процессов не успевает достигнуть своего предела в первые же мгновения работы, но приближается к нему к концу ра-

боты. Дело в том, что количество потребляемого организмом кислорода может стать предельным лишь тогда, когда кровообращение тоже предельно велико. Усиление же кровообращения происходит постепенно. Исследования показали, что для достижения максимальной его величины необходимо несколько минут, т.е. оно возможно только к концу работы субмаксимальной мощности.

Интенсивность дыхания также все время возрастает до самого конца работы, в связи с чем и потребление кислорода достигает максимальных величин лишь к этому времени. Между тем, как было сказано, бескислородный распад веществ в мышцах очень велик уже с самого начала работы. Процессы аэробного окисления хотя и возрастают на всем протяжении работы, все же отстают от процессов бескислородного распада. Все время ощущается нехватка кислорода, прогрессирует кислородная задолженность, непрерывно происходит накопление неокисленных продуктов распада.

Кислородный долг при работе субмаксимальной мощности больше, чем при максимальной мощности (потому что накапливается на протяжении нескольких минут, в то время как в предыдущем случае – за 10–20 сек). В крови происходят большие химические сдвиги, так как образующиеся в мышцах за несколько минут неокисленные соединения, относящиеся главным образом к кислотам (молочная кислота), успевают проникнуть в кровь, значительно повышая ее кислотность. Это влечет вытеснение из бикарбонатов крови углекислого газа, который вызывает значительное возбуждение дыхательного центра. Вследствие этого дыхание усиливается особенно бурно.

В крови отмечаются также существенные сдвиги в концентрации солей. В результате увеличения количества молекул в мышцах (крупные молекулы распадаются в них на большое количество мелких) в них переходит вода из крови, в связи с чем концентрация солей в крови возрастает.

Большие химические изменения обнаруживаются и в составе мочи. Через почки выводится избыточное количество кислот, в моче нередко встречается белок. Однако в связи с тем, что такая работа длится всего несколько минут, общее количество выводимых через почки химических веществ не так велико.

В общем, для работы субмаксимальной мощности характерны следующие показатели к концу ее: резкое усиление дыхания и кровообращения, большой кислородный долг и выраженные сдвиги в кислотно-щелочном и водно-солевом равновесии крови.

Существенную роль начинает играть здесь и температурный фактор. При работе максимальной мощности из-за ее кратковременности температура тела не успевала сколько-нибудь заметно измениться. При работе же субмаксимальной мощности уже возможно повышение температуры тела, тем более что резко возросшему теплообразованию не противостоит в достаточной мере соответствующая теплоотдача. Повышение температуры

крови (в течение нескольких минут на 1–2°) может влиять на состояние нервных центров.

Зона большой мощности. В пределах этой зоны происходит работа большой мощности, предельное время которой от 3–5 до 30–40 мин. Естественно, что интенсивность распада энергетических веществ в мышцах здесь еще ниже, чем при работе субмаксимальной мощности, а возможности аэробного окисления более высокие. Вместе с тем анаэробные процессы настолько выражены, что аэробное окисление несколько отстает от них. Интенсивность дыхания и кровообращения успевает уже в первые минуты работы возрасти до очень больших величин, которые сохраняются до конца работы.

Кривая потребления кислорода вначале круто повышается, удерживаясь затем на почти максимальной высоте. Однако даже этот большой уровень потребления кислорода несколько отстает от кислородного запроса организма, поэтому накопление кислородного долга все же происходит. К концу работы образуется большой кислородный долг, несколько уступающий по величине тому, который накапливается к концу работы субмаксимальной мощности.

Сдвиги в крови также весьма значительны. Они зависят от тех же причин, которые описывались в предыдущем случае. Отличие заключается лишь в том, что вследствие большой длительности работы успевает выделиться большое количество кислот и солей через почки в мочу и много пота через потовые железы.

В общем, работа большой мощности характеризуется выраженным усилением дыхания и кровообращения, предельным потреблением кислорода и большим кислородным долгом, значительными сдвигами в химизме крови и мочи.

Зона умеренной мощности. В границах этой зоны совершается работа умеренной мощности, которая может продолжаться до 1–2 часов и больше. Речь здесь идет о таких дистанциях, которые в спорте принято называть сверхдлинными. В беге это дистанции, превышающие 10000 м, вплоть до марафонской, в плавании – многочасовые сверхдальние заплывы, в лыжном спорте – дистанции, превышающие 10000 м.

Физиологическая характеристика работы умеренной мощности имеет принципиальное отличие от характеристики работ других мощностей. Это отличие заключается в совершенно новом, не встречавшемся при других мощностях, соотношении между анаэробными и аэробными процессами. При всех предыдущих мощностях работы анаэробные процессы преобладали над аэробными. Всюду происходило накопление неокисленных продуктов распада и образование кислородной задолженности. Кислородный запрос всегда превышал возможности его удовлетворения во время самой работы, т.е. кислородный долг был неизбежен.

При работе умеренной мощности скорость анаэробных процессов равна скорости аэробных. Кислородный запрос почти полностью погаша-

ется потреблением кислорода во время работы, поэтому кислородная задолженность незначительна. Такое состояние называется устойчивым состоянием».

Некоторые химические изменения, наблюдаемые при работе умеренной мощности, почти совсем отсутствуют при больших мощностях работы. Это изменения в содержании сахара в крови. К концу длительной работы умеренной мощности можно обнаружить снижение его уровня, которое, может быть следствием уменьшения углеводных запасов организма.

Итак, работа умеренной мощности характеризуется наличием устойчивого состояния, с чем связано усиление дыхания и кровообращения пропорционально интенсивности работы, и отсутствием накопления продуктов анаэробного распада, а при многочасовой работе также значительным общим расходом энергии, что уменьшает углеводные ресурсы организма.

### **Виды циклических локомоций**

Наряду с общими закономерностями, свойственными группам циклических движений, разделяемых по соотношению мощности и длительности работы, каждое конкретное циклическое движение имеет свои особенности.

Все циклические движения относятся к локомоциям, однако физиологические механизмы и способы, используемые для передвижения в пространстве, различны. Они отличаются по сложности управления движением, по использованию готовых двигательных автоматизмов или, наоборот, их подавлению, по возрастным периодам, в которых происходит овладение данной локомоцией, по участию в ней той или иной конечности, по способу поступательного перемещения в пространстве.

**Естественные циклические локомоции.** *Ходьба.* Это основной способ локомоций человека, которым он овладевает к 10–11 месяцам жизни после освоения стояния. Ходьба характеризуется чередованием периода двойной опоры с периодом одиночной опоры. Основные усилия совершаются во время двойной опоры. В конце ее происходит «задний толчок», благодаря которому перемещается вперед центр тяжести тела и переносится нога, оттолкнувшись от земли. В конце одиночной опоры и начале двойной происходит «передний толчок», возникающий при постановке ноги на землю. Усилия во время заднего толчка направлены вперед и вверх, а во время переднего – назад и вверх. Передний толчок играет роль тормоза, сдерживающего продолжающееся по инерции движение вперед центра тяжести тела и предотвращающего опасность падения. Горизонтальные усилия в заднем и переднем толчках превалируют над вертикальными, что обуславливает высокую экономичность ходьбы. Считается, что по расходу энергии ходьба по горизонтали на 12–15 м соответствует подъему по лестнице на высоту 1 м.

При спортивной ходьбе особенное значение имеет сохранение двойной опоры. Чем быстрее ходьба, тем короче период двойной опоры, и при некоторой скорости ходьбы двойная опора пропадает и возникает период полета, т. е. бег.

Бег. Управление бегом более сложно, чем ходьбой. Ребенок овладевает начальным искусством бега лишь через 1–2 года после начала ходьбы, но совершенства в технике естественного бега достигает к 12–14 годам.

В отличие от ходьбы, при которой всегда существует опора о землю, бег характеризуется сменой периода опоры периодом полета. Опора завершается сильным задним толчком, в котором развиваются большие вертикальные усилия, обеспечивающие отрыв тела от земли. Они значительны и в переднем, стопорящем, толчке, которым начинается новая опора.

Сложность управления бегом связана с тем, что основная работа мышц, от которой зависит траектория полета, совершается в течение кратковременной опоры. При ходьбе опора непрерывна, и это обеспечивает коррекцию пространственных характеристик шага: сохранение равновесия, нужное направление передвижения. При беге же опора столь кратковременна, что текущие коррекции всех его характеристик осуществляются с трудом. Движение приобретает баллистический характер. Информация об ошибках при заднем толчке перерабатывается уже во время полета, и коррекции вносятся во время следующей опоры.

В спортивном беге возможен большой диапазон скоростей, и время пробегания существующих соревновательных дистанций может относиться к любой из четырех зон, характеризующих относительную мощность работы.

**Циклические локомоции со скольжением.** Бег на коньках. В отличие от естественных локомоции, таких, как ходьба и бег, где перемещения тела в пространстве совершаются путем отталкивания от твердой опоры, при наличии большого трения между нею и подошвой, бег на коньках и ходьба на лыжах представляют собою локомоцию на скользкой опоре. Это сразу создает особые трудности в управлении движениями. Чем меньше трение между коньком и опорой, тем больше затруднены условия для отталкивания. В этом случае необходимо создавать принципиально новую структуру движения, т.е. новый навык, сильно отличающийся от привычных навыков ходьбы и бега.

Бег на коньках, строго говоря, не является бегом. Он содержит основные черты ходьбы: чередование, двойной опоры с одиночной. Период полета, характерный для бега, у него отсутствует. В отличие от ходьбы как одиночная, так и двойная опора происходят во время скольжения, причем положение ноги и характер усилий при отталкивании на коньках резко отличаются от толчка при ходьбе. Спортивный бег на коньках характеризуется низкой посадкой, сильно наклоненным вперед туловищем для уменьшения сопротивления воздуха. Ноги все время сильно согнуты в тазобе-

ренных и коленных суставах. Вся эта поза резко отличается от позы при обычной ходьбе и требует значительной силы разгибательных мышц, удерживающих наклоненное туловище на весу, и выносливости к статическим усилиям. Одиночная опора на одном коньке, имеющем очень малую опорную поверхность, затрудняет сохранение равновесия. Однако при быстром передвижении на коньках равновесие облегчается по сравнению со стоянием на коньках и медленным передвижением на них. Известную трудность представляют движения на виражах, где для поворота требуется противодействие центробежным силам. На прямых же отрезках дистанции достигается высокая скорость за счет большой силы и продолжительности толчков во время двойной опоры.

По зонам относительной мощности соревнования на классические дистанции представляют собой работу субмаксимальной мощности (500 и 1500 м) и большой мощности (5000 и 10000 м).

Ходьба на лыжах. Как и бег на коньках, ходьба на лыжах – это ходьба на скользкой опоре. Типичный признак ходьбы – чередование двойной опоры и одиночной присутствует и здесь. Отталкивание во время двойной опоры происходит в момент остановки лыжи. В этом – отличие отталкивания на лыжах от отталкивания на коньках, которое совершается в процессе движения. Палки, служащие для новичка лишь средством для удержания равновесия, используются затем для отталкивания. Это создает еще одну новую, усложняющую черту в данном виде локомоции. Во всех предыдущих видах отталкивание совершается двумя нижними конечностями, в данном же виде в нем участвуют все четыре, что вызывает дополнительные трудности в координации движений рук и ног.

В отличие от ходьбы и бега на коньках, характеризующихся довольно постоянной структурой движений, ходьба на лыжах может иметь разную двигательную структуру. Различают несколько способов этой ходьбы: попеременный, одновременный, одношажный или двухшажный и т.п., кроме того, лыжник может передвигаться по резко пересеченной местности, изобилующей подъемами, крутыми спусками, поворотами. Все это приближает действия лыжника к видам движений в нестандартных, ситуационных условиях. Они предъявляют особые требования к управлению движениями, связанные с необходимостью срочного решения внезапно возникающих двигательных задач.

Соревновательные дистанции в лыжном спорте относятся к длинным дистанциям – от 10 до 50 км, прохождение которых занимает от 25 мин до 3 часов. Следовательно, выполняемая лыжником работа относится преимущественно к зоне умеренной мощности.

**Локомоции с помощью рычажных передач.** Езда на велосипеде. Езда на велосипеде не относится к естественным видам локомоций, так как не связана с отталкиванием от опоры ногами. По характеру и направлению усилий обычное педалирование лишь несколько напоминает ходьбу вверх

по лестнице, поскольку в обоих случаях в основе лежат вертикальные усилия. В спортивном же педалировании имеется дополнительное усилие – подтягивание, что не встречается ни в одном виде локомоций. «Круговое» педалирование вызывает еще большее усложнение координации движений велосипедиста.

Спортивная езда на велосипеде требует специальной позы – резко наклоненного туловища для уменьшения воздушного сопротивления. В ряде случаев может достигаться очень высокая частота движений – свыше четырех в 1 сек. Основными переменными величинами у велосипедиста являются сила и быстрота мышечных сокращений, амплитуда же их (в отличие от рассмотренных выше видов локомоций) строго регламентирована размерами шатунов велосипеда. Езда на велосипеде представляет собою стандартный вид движения, в котором нет необходимости варьировать суставные углы и траекторию движений. Поэтому они могут быть высокоавтоматизированными и совершаться очень долго. По продолжительности мышечной работы велогонки не имеют себе равных.

Гребля. Характер приложения усилий при гребле уже не имеет ничего общего ни с естественными локомоциями в форме ходьбы и бега, ни с усложненными или измененными локомоциями в форме бега на коньках, ходьбы на лыжах или велоезды. Здесь впервые используется сила сгибателей рук, разгибателей туловища, одновременное напряжение разгибателей обеих нижних конечностей. Поэтому в управлении движениями при гребле трудно найти элементы естественных локомоций, которые могли бы быть при этом использованы. Гребля – навык, создаваемый полностью заново, и если он вырабатывается довольно быстро, то это говорит лишь о том, что координация движений гребца сравнительно проста. Симметричная работа рук при академической гребле относится к готовым автоматическим координациям. Движения туловища также не отличаются значительной координационной сложностью. Наибольшую сложность в управлении движениями при гребле представляет траектория движения рукоятки весла. Гребок с малым погружением лопасти весла в воду, пронос лопасти над самой поверхностью воды, опускание ее в воду в самом конце проноса, правильное распределение усилий на протяжении гребка – именно это требует значительной тонкости управления.

В зависимости от гребных судов гребля делится на греблю на академических судах, байдарочную греблю, греблю на каноэ. Каждая из них представляет собою разные виды двигательных координации, осуществляемых разными мышечными группами при различных позах. Все они должны рассматриваться как совершенно самостоятельные двигательные навыки, требующие отдельного разучивания.

**Плавание.** В физиологическом отношении плавание очень сильно отличается от всех движений, совершаемых на земле. Это обусловлено тем, что движения в наземных условиях происходят в разнородной по

плотности среде «земля – воздух»: земля служит средой для отталкивания, воздух – средой для передвижения. В плавании же среда однородна, она имеет меньшую плотность, чем земля, но большую, чем воздух, и является одновременно средой как для отталкивания, так и для передвижения. Лишь при проносах рук над водой часть движений совершается в воздушной среде.

В условиях наземных передвижений человек обычно не ощущает плотности воздуха. Это ощущение возникает только при больших скоростях (беге на коньках, езде на велосипеде, на мотоцикле) или при наличии сильного ветра. Поэтому основные ощущения движения, связанные с внешней средой, возникают от взаимодействия тела с опорой в период опоры. Другое дело в плавании. Вследствие большой плотности воды быстрое движение в ней невозможно. Максимальная скорость плавания – 2 м в 1 сек.

Овладение навыком плавания связано с подавлением многих двигательных безусловных и условных рефлексов, необходимых для наземных движений. В наземных условиях действуют многочисленные рефлексы, представляющие постоянную работу тела с действием силы тяжести. К такого рода антигравитационным рефлексам относится рефлекс «теменем кверху», возникающий от раздражения вестибулярного аппарата. Не только голова, но и туловище и ноги участвуют в рефлексах выпрямления и прямостояния. В плавании все эти рефлексы должны быть подавлены, чтобы вертикальное положение тела могло быть заменено горизонтальным. В свою очередь, лежание в воде отличается от лежания на земле отсутствием раздражения кожных рецепторов и необходимостью напряжения разгибательных мышц туловища и ног для удержания сгибательных мышц в растянутом состоянии. При расслаблении разгибателей тело пловца принимает сразу согнутое положение.

Уменьшение веса тела в воде приводит к облегчению антигравитационных движений. В наземных условиях любое движение конечностей, направленное вверх, требует значительного напряжения мышц, участвующих в поднимании этой части тела и преодолевающих ее вес. В водной же среде движение конечностей вверх не связано с преодолением веса конечности и не требует поэтому антигравитационного напряжения мышц. Опускание части тела в наземных условиях представляет собой уступающую работу тех же мышц или их расслабление. В воде же для этого необходимо активное сокращение их антагонистов.

Существенное влияние на движение оказывает повышенная по сравнению с воздухом плотность и вязкость воды. Из-за малой плотности воздуха начавшееся на земле движение легко продолжается по инерции, и мышцы вследствие этого укорачиваются пассивно. Между тем в воде движение по инерции крайне затруднено и мышцам приходится работать все время активно. Любое мышечное усилие сопровождается действием реактивных сил, направленных в противоположную сторону. Например, усилия, с помощью которых происходит бросание мяча, в то же время толка-

ют туловище в противоположную сторону. Но падения тела при этом не происходит благодаря наличию твердой опоры. Опорные усилия гасят реактивные силы и обеспечивают сохранение позы тела. В воде гашение действия реактивных сил затруднено из-за отсутствия твердой опоры. Поэтому реактивные силы проявляются в воде гораздо сильнее, чем в наземных условиях. По этой причине ватерполист, метнувший мяч, может упасть ничком и погрузиться в воду, если только не сделает специальных движений другой рукой и ногами, препятствующих проявлению реактивных сил.

Все сказанное поясняет трудности овладения навыком плавания. Они выражены тем больше, чем старше возраст человека, приступающего к обучению плаванию, а значит, чем больше развит и закреплен весь комплекс ощущений и навыков перемещения тела на земле. В раннем детстве навыком элементарного плавания овладеть относительно легче.

Координация движений при плавании, вообще говоря, не представляет особых сложностей, чем и объясняется относительная быстрота ее освоения. Но сначала пловец должен научиться держаться на воде, освоиться с водной средой.

Дыхание при плавании резко отличается от дыхания при наземных движениях. При дыхании в наземных условиях вдох обычно без задержки переходит в выдох, а выдох также без задержки сменяется вдохом. При стильном плавании между фазами вдоха и выдоха вклинивается фаза задержки дыхания. Это вызвано тем, что вдох производится над водой, а выдох в воду. Для того чтобы вода не попала в легкие, пловец задерживает на короткое время дыхание при опускании головы в воду и при подъеме ее из воды. Таким образом, в отличие от двухтактного дыхания вдох – выдох в наземных условиях при плавании дыхание четырехтактное: вдох – задержка – выдох – задержка. У опытных пловцов эти задержки укорачиваются, потому что выдох они начинают почти сразу после погружения головы в воду и заканчивают его почти перед ее подъемом над поверхностью. У квалифицированных пловцов часто регистрируется трехтактное дыхание: вдох – задержка – выдох. Переход от автоматически совершаемого двухтактного дыхания к четырехтактному или трехтактному и является основной трудностью управления дыханием при плавании на груди.

По зонам относительной мощности плавание на классические дистанции характеризуется субмаксимальной мощностью (100 и 400 м) и большой мощностью (1500 м) работы.

### **Ациклические движения**

Ациклические движения в спорте отличаются от циклических тем, что они имеют четко выраженные начало и в особенности конец. Повторение ациклического движения не является продолжением предыдущего. Поэтому ациклическое движение – это однократное движение. Оно не

строится на ритмическом двигательном рефлексе, подобно циклическому, хотя ему может предшествовать циклическое движение (прыжок с разбега). В этом случае для осуществления ациклического акта – прыжка необходимо затормозить, подавить ритмический двигательный рефлекс.

Ациклические движения характеризуются максимальной силой и скоростью сокращения мышц (прыжки, метания, поднимания тяжестей) или тонкой их дозировкой в прицельных действиях (стрельба, броски на меткость).

В прыжках, метаниях и подниманиях штанги спортсмен стремится к проявлению максимальной мышечной силы. Однако в одних случаях это сводится к преодолению все большего сопротивления, т. е. большей массы штанги при сообщении ей примерно постоянной величины ускорения, в другом же случае масса метаемого снаряда, равно как и тела при прыжке, сохраняется постоянной, а основной переменной величиной является ускорение, сообщаемое этой массе, от которого зависит дальность полета снаряда или дальность и высота прыжка.

Движения, при которых сила изменяется в соответствии с величиной ускорения, сообщаемого постоянной массе, называются скоростно-силовыми. К ним относятся прыжки и метания. Движения, максимальная сила при которых меняется в основном в зависимости от величины перемещаемой массы, носят название собственно-силовые. К ним относится поднимание штанги.

**Прыжки.** Прыжки – это ациклические локомоции. Для суждения о степени их сложности можно исходить из того, какая форма прыжков доступна детям разных возрастов.

С этой точки зрения наиболее простым является прыжок в высоту с места, выполнение которого вполне по силам детям младшего дошкольного возраста. Здесь имеется в виду лишь вертикальный прыжок типа подпрыгивания или подскока.

В связи с простотой выполнения вертикального прыжка его измерением пользуются для определения так называемой прыгучести.

Следующим по степени сложности прыжком является прыжок в длину с места. Это упражнение дети осваивают несколько позднее, чем прыжок с места в высоту.

Прыжки с разбега представляют собою упражнение, в координационном отношении значительно более сложное, чем прыжки с места. При прыжке в длину разбег должен быть достаточным для того, чтобы к концу его скорость стала максимальной. В этот момент надо решить две сложные двигательные задачи: точно попасть на брусок для отталкивания и переключить циклическое движение на ациклическое, требующее максимальной силы и скорости сокращения мышц с иным вектором усилия.

Прыжок в высоту с разбега сложнее, чем прыжок в длину с разбега. Здесь сложны оба компонента прыжка – и разбег и сам прыжок. Разбег,

предшествующий прыжку в высоту, хотя и построен на циклическом движении — беге, тем не менее содержит в себе черты движения с неповторяющимися параметрами. Каждый шаг в этом разбеге совершается с разной силой, длиной, продолжительностью. Меняется продолжительность не только всего шага, но и периода опоры.

Момент самого прыжка в высоту представляет собой одну из сложнейших двигательных координации. Во время последних шагов разбега необходимо переключить горизонтальную составляющую усилий при беге на вертикальные усилия. В полетной фазе требуется тщательное распределение движений в пространстве, позволяющее перейти планку на максимальной высоте прыжка, не задев ее какой-либо частью тела.

Прыжок с шестом требует наиболее сложного управления. Он сложен по разбегу, который совершается с шестом в руках, что сковывает свободные движения руками, обычные в стремительном беге. Сложность отталкивания при прыжке определяется тем, что к переключению беговых движений на вертикальный толчок присоединяется движение рук, быстро вставляющих конец шеста в ямку и осуществляющих опору для виса тела во время подъема шеста. Далее следуют движения акробатического характера, обеспечивающие подъем туловища и ног с опорой на руки, переход через планку и выпуск из рук шеста в момент перехода. Сложность этого вида упражнения подчеркивается тем, что он доступен лишь с юношеского возраста, в то время как все остальные прыжки легко осваиваются в более молодом возрасте. К этому следует добавить, что прыжок с современным упругим шестом требует очень точного учета степени изгиба в разные моменты прыжка и тонкой дифференцировки величины упругих сил шеста, способствующих выбрасыванию тела прыгуна вверх.

**Метания.** В то время как прыжки представляют собой локомоции и основаны в известной степени на двигательных автоматизмах, выработанных в процессе естественных движений, метания являются совсем новым двигательным актом, не связанным с локомоциями. Дети овладевают метаниями значительно позднее, чем прыжками, метание становится доступным подросткам и юношам. Любое метательное движение связано с весьма сложными координациями, в первую очередь с движениями мышц плечевого пояса, а в спортивных видах метаний — и с различными сочетаниями движений мышц туловища и ног.

Относительно просты метания мячей, используемые в практике школьных уроков физкультуры. Эти метания, совершаемые движениями руки сверху, позволяют овладеть первыми основными навыками метательных движений.

Наиболее сложным процессом в метании является управление пространственными и временными параметрами движений, что определяет прицельную дальность броска. В то же время управление величиной мышечного напряжения, необходимого для преодоления инерции метаемого снаряда, за-

висит от его массы. Поэтому наибольшей мышечной силы требуют толкание ядра и метание молота, меньшей – метание диска и относительно наименьшей – метание копья. Сложность управления метанием каждого снаряда зависит от сочетания движения конечности, метаемой снаряд, с движениями других частей тела, как одновременных с ним, так и предшествующих ему. Во всех видах спортивного метания эти сочетания весьма сложны, и лишь условно можно дать им сравнительную оценку. Толкание ядра требует относительно кратковременных подготовительных движений небольшой амплитуды. Метание диска и молота характеризуется быстротой вращательных движений, в конце которых используется для метания центробежная сила. Наибольшее время подготовительных движений занимает разбег в метании копья, в котором координационно сложны заключительные шаги, сочетающиеся в последний момент с движениями туловища и метаемой руки. Сложность управления метанием копья заключается в сложении поступательной скорости тела со скоростью движения метаемой руки.

**Поднимание тяжестей.** Поднимание тяжестей представляет собой собственно силовое упражнение, в котором мышцы, участвующие в поднимании штанги, должны развивать напряжение, соответствующее массе штанги.

В координационном отношении относительно более простым является жим. Здесь главную роль играет величина мышечного напряжения, развиваемого мускулатурой рук при сравнительно небольшой скорости мышечного сокращения. Сложнее координация движений при толчке, когда требуется осуществить быстрое сильное движение, используя мускулатуру ног, туловища и рук.

Еще более сложно движение рывка, в котором за счет энергичного разгибания туловища достигается высокая скорость движения штанги вверх, почти бросок ее на расстояние, необходимое для «подседа» и принятия штанги на поднятые вверх руки. Высокая скорость этого движения роднит его с упражнениями скоростно-силового типа.

**Прицельные действия.** К группе ациклических (однократных) движений относятся также движения, не связанные с максимальной силой или скоростью мышечных сокращений, но предъявляющие большие требования к соразмерности, точности движения. Главная цель таких движений – меткость. К ним относятся броски мяча (подачи в волейболе, теннисе, штрафной бросок в баскетболе) и различные виды спортивной стрельбы. Все они характеризуются строгим соблюдением позы, которая является основой для решающего движения. В связи с прицельным характером движений необходимо весьма точное взаимодействие зрительного анализатора с двигательным. Управление пространственными и временными параметрами движения, например пальцем в стрельбе, должно точно совпадать с фиксацией зрением центра мишени.

## Спортивные движения, оцениваемые по качеству выполнения

К стереотипным движениям, эффективность которых оценивается не в количественных мерах, а в баллах, характеризующих качество их выполнения, относятся все виды гимнастики (спортивная гимнастика, акробатика, художественная гимнастика), фигурное катание, прыжки в воду и на батуте.

Качество выполнения движения характеризуется способностью управления различными сторонами двигательного действия: силой и скоростью мышечных сокращений, сложными координациями в движениях отдельных частей тела, поддержанием равновесия, ориентировкой в пространстве и во времени, гибкостью в суставах, действиями в безопорных условиях, выразительностью движений.

Сила и быстрота сокращений мышц проявляются в этих видах спорта в разнообразных формах. Здесь встречаются как предельные по величине напряжения (например, удержание позы «крест» на кольцах), длящиеся очень мало (до 3 сек.), так и типичные скоростно-силовые действия в виде прыжков.

В гимнастике и фигурном катании довольно часто встречаются статические усилия. Они используются при различных позах: вис, упор, угол, стойки в гимнастике, «ласточка» и поддержки в фигурном катании. Статические усилия характеризуются утомительностью и тем, что они обычно сопровождаются задержкой дыхания.

Координация движений в перечисленных видах спорта разнообразна: от несложных движений одной конечности до сложнейших сочетаний движений всех четырех конечностей и туловища. Существует деление сочетаний движений обеих рук и движений рук и ног на пять степеней сложности, охватывающее основные, наиболее простые двигательные координации. К первой степени относят наиболее простые координации, не требующие обучения, основанные на безусловных двигательных рефлексах и возникающие как бы автоматически. Для рук – это симметричные движения, при которых в одновременное сокращение вступают одноименные мышцы обеих конечностей (например, поднятие обеих рук в стороны). Для рук и ног это односторонние движения, когда одновременно сокращаются мышцы, осуществляющие движение руки и ноги одной и той же стороны тела в одноименную сторону (например, отведение правой руки и правой ноги вправо или прыжок ноги врозь с одновременным поднятием рук в стороны).

Второй степенью сложности характеризуются координации несколько более сложные, но часто встречающиеся в обыденной жизни и требующие элементарного обучения. Это прекрестные движения, при которых в одновременном сокращении участвуют мышцы – антагонисты конечностей (например, одновременные движения одной руки вперед, а другой назад или движения правой ноги и левой руки вперед, левой ноги и правой

руки назад). Такие перекрестные координации особенно просты при движениях в сагиттальной плоскости, но значительно подчас затруднены при движениях во фронтальной плоскости.

Движениями третьей степени сложности являются поочередные движения (например, поднять одну руку в сторону, затем привести в такое же положение поднять вверх и присоединить к ней вторую). Трудность управления такими координациями особенно возрастает при убыстрении движений и уменьшении пауз между ними.

К четвертой степени сложности относится координация движений конечностей, совершаемых в разных плоскостях. К пятой, наиболее трудной, степени координационной сложности – движения асинхронные, совершаемые в разном ритме.

Гибкость, или подвижность в суставах, конечностей и позвоночника должна быть особенно велика в гимнастических и подобных им движениях. В основе улучшения гибкости лежит увеличение растяжимости мышц.

Мышца сопротивляется действию растягивающих сил не только как упругое тело, но и вследствие рефлекса на растяжение. Этот рефлекс особенно выражен при резком действии растягивающих сил. Медленное же растяжение уменьшает величину рефлекса на растяжение. Если удержать мышцу некоторое время в растянутом состоянии, то после этого она замедленно возвращается к своей исходной длине. Поэтому большой эффект дают упражнения, в которых растяжение мышц происходит медленно.

При одной и той же амплитуде движений растяжимость мышц, возрастает больше при активных упражнениях, чем при пассивных. Активными называют упражнения в растягивании, совершаемые за счет сокращения мышц-антагонистов, в то время как пассивные происходят под действием каких-либо внешних сил (например, силы тяжести). При активном сокращении мышц их антагонисты расслабляются вследствие индукционного торможения их нервных центров. Расслабленная же мышца меньше сопротивляется растяжению, чем пассивно растягиваемая мышца, в которой легко возникает рефлекс на растяжение.

Большой эффект дают упражнения в растягивании, в которых движения совершаются с большой амплитудой по сравнению с движениями малой амплитуды. Этим объясняется использование маховых движений, в которых благодаря инерции амплитуда движений велика. Вместе с тем надо учитывать, что именно при маховых движениях рефлекс на растяжение может быть особенно выражен.

Основной растягивающей силой при активных упражнениях в растягивании является сила мышц. Поэтому в тренировке, направленной на развитие гибкости, имеет большое значение увеличение силы растягивающих мышц.

Сохранение равновесия в гимнастике и фигурном катании особенно необходимо. При некоторых движениях возникают большие трудности в управлении равновесием. В гимнастике это ярко проявляется при выпол-

нении упражнений на бревне. В фигурном катании опасность потери равновесия возникает преимущественно при приземлении после сложных прыжков. Некоторые упражнения фигурного катания («винт», «волчок» и др.) представляют собой длительное быстрое вращение тела вокруг вертикальной оси при различных положениях головы. При этом происходит сильное раздражение вестибулярного аппарата. Необходима хорошая тренированность, чтобы в этих условиях сохранить равновесие. В акробатике встречается много положений, предъявляющих высокие требования к сохранению равновесия.

*Ориентировка в пространстве и во времени* – необходимое условие качественного выполнения упражнений в гимнастике, фигурном катании, прыжках в воду и на батуте. Особенно высокие требования к ориентировке в пространстве и во времени предъявляют упражнения, связанные с вращением: тела вокруг его вертикальной и горизонтальной осей, с маховыми движениями на брусках и перекладине, с элементами безопорности (сальто и другие акробатические упражнения, прыжки и вращения в фигурном катании, прыжки в воду и на батуте). Как правило, они связаны с раздражением вестибулярного аппарата. Во многих случаях нужен хороший глазомер, в частности при выполнении фигур обязательной программы в одиночном катании, где необходимо соблюдение точной геометрии предлагаемой фигуры.

*Безопорное положение* встречается во многих гимнастических упражнениях: в опорных прыжках, в акробатике, в прыжках в воду и на батуте, в фигурном катании. Помимо этого, безопорное положение встречается и в других видах спорта: в легкоатлетических прыжках, прыжках на лыжах, в волейболе, баскетболе, гандболе и др. Длительность безопорного положения может сильно варьировать – от долей секунды в отдельных элементах упражнений на брусках и перекладине до десятка секунд в прыжке на лыжах.

В физиологическом отношении безопорное положение представляет особый интерес потому, что в нем отсутствует наиболее привычная для человека рецепция опоры. Человек постоянно ощущает опору при всех наземных двигательных действиях. При этом раздражаются не только рецепторы давления кожи, но и рецепторы двигательного аппарата. Большое значение в опорных движениях имеет и рецепция вестибулярного аппарата, обеспечивающая пространственную ориентировку.

В безопорном положении помимо отключения кожной и двигательной рецепции опоры может отключаться и вестибулярная рецепция. Это бывает в условиях свободного падения (прыжки в воду, на лыжах, соскоки), когда тело находится в состоянии невесомости. Возбуждение вестибулярного аппарата может при свободном падении иметь место только в том случае, если тело совершает в воздухе какие-либо вращательные движения.

При безопорном положении часто бывают затруднены и иногда даже исключены зрительные восприятия. Фактически во время сложных соскоков в гимнастике, в прыжках в воду с вращением тела, во вращениях в фигурном катании спортсмен не в состоянии тонко различать пространственное расположение окружающих его предметов.

То обстоятельство, что в полете зрение не играет существенной роли в пространственной ориентировке, подтверждается опытами с выключением зрения (у прыгунов в воду завязывали глаза, и тем не менее качество прыжков в большинстве случаев не пострадало). Установлено, что в сложных прыжках и вращениях спортсмен ориентируется главным образом с помощью не ощущения пространства, а ощущения времени. Исключительно точное распределение движений во времени имеет решающее значение для совершенного выполнения всех движений в безопорном положении.

Выразительность движений спортсмена относится к эстетической стороне физических упражнений. Трудно назвать другие виды спорта, в которых демонстрировалось бы столько изящества, красоты, непринужденности, выразительности движений, как это имеет место в фигурном катании, художественной гимнастике, спортивной гимнастике (в особенности в вольных упражнениях), акробатике, прыжках в воду и на батуте. Для обеспечения большой выразительности движений требуется высокая техника их выполнения. Лишь на фоне совершенного владения навыком, элементы которого доведены до автоматизма, можно придать движениям такие оттенки, которые производили бы на зрителя определенное эмоциональное воздействие, способствовали эстетическому восприятию. Все это дается в результате высокой степени совершенства управления движением, когда сознание спортсмена меньше устремлено на технику выполнения движения и больше – на придание ему эстетического образа, создаваемого средствами выражения художественной идеи.

### **Ситуационные (нестандартные) спортивные движения**

Все рассмотренные выше физические упражнения представляют собой движения, заранее хорошо известные, совершаемые в строго стандартных условиях, определенных правилами соревнований. Они могут изменяться по скорости, силе движения, точности выполнения, но основа движения, его внешняя форма, биомеханическая структура и нервно-двигательная программа всегда остаются неизменными, стереотипными.

Такой стереотип отсутствует в движениях, совершаемых в единоборствах, спортивных играх и в быстрых передвижениях по пересеченной местности. Условия, в которых протекают здесь движения спортсмена, стандартизированы лишь отчасти правилами соревнования и самим содержанием единоборства или игры. В остальном же эти условия непре-

рывно меняются в зависимости от рельефа местности, от действий противников или партнеров. Спортсмен располагает обычно определенным «набором» двигательных действий, освоенных им в процессе обучения и тренировок. Для каждого вида единоборства или игры имеются свои наборы движений. В зависимости от складывающейся в процессе борьбы ситуации перед спортсменом возникают разнообразные двигательные задачи, которые он должен решать весьма срочно. От степени срочности и правильности решения той или иной задачи зависит спортивный успех. Чаще всего суть задачи заключается в том, чтобы из всего арсенала двигательных действий (приемов), известных и выученных, выбрать один, который может дать наибольший эффект. Часто, однако, сложившаяся обстановка требует совершенно нового решения задачи, «изобретения» движения, ранее спортсмену неизвестного. Следовательно, эта группа упражнений стимулирует творчество в создании новых двигательных действий, причем творчество экспромтное. Чем богаче, чем сложнее возникающие ситуации, тем больше возможностей для выбора заранее известного движения и для внезапного создания нового.

Виды спорта, входящие в эту группу нестандартных, ситуационных движений, делятся на единоборства, спортивные игры и кроссы – быстрые передвижения по сильнопересеченной местности. В единоборствах ситуация определяется при непосредственном взаимодействии с одним противником. В спортивных играх между противниками имеется посредник – мяч (или шайба). Каждый игрок общается главным образом лишь с мячом, который является посредником в его взаимодействиях с противником. В спортивных играх, кроме того, возможно взаимодействие не с одним противником, а с несколькими. Кроме того, игра командами предусматривает возможность взаимодействия также с партнерами по своей команде. В кроссах переменные условия создаются изменчивым рельефом местности.

**Единоборства. Борьба.** В борьбе, в особенности классической, в отличие от бокса и фехтования изобилуют большие мышечные напряжения. Это связано с необходимостью противодействия массе тела противника и его мышечным усилиям. В борьбе встречаются также статические усилия, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием. Вместе с тем борьба требует и скоростно-силовых движений при проведении приемов, причем скорость мышечных сокращений должна сочетаться с их большим напряжением, поскольку она связана с преодолением сопротивления перемещаемой массы тела. Значение массы тела, как собственной, так и противника, в борьбе настолько велико, что для уравнивания шансов на победу здесь введены, как и в тяжелой атлетике, весовые категории.

В современной борьбе длительность схватки определена тремя трехминутными периодами с двумя интервалами отдыха по одной минуте. Эта формула борьбы, соответствующая формуле бокса, определяет относи-

тельную мощность работы борца. Три минуты активной борьбы характеризуют мощность работы как субмаксимальную.

Управление движениями во время борьбы основывается главным образом на информации о действиях противника, поступающей от рецепторов кожи и двигательного аппарата. Известное значение имеет и зрительная рецепция, однако она отступает на задний план во время полного контакта между телами обоих противников. Вестибулярная рецепция играет существенную роль в сохранении равновесия и пространственной ориентировке во время проведения приемов, связанных с изменениями положения головы и всего тела в пространстве.

Бокс. За исключением некоторых приемов бокса во время ближнего боя, когда возникает контакт между телами противников и используются элементы силовых приемов, движения боксера носят выраженный скоростной характер. Быстрота реакции, быстрота движений играет в его действиях определяющую роль. Так, сила нападающих ударов определяется в основном лишь скоростью движения разящей руки в перчатке. Поэтому управление силой удара сводится прежде всего к управлению быстротой движения руки. Вместе с тем в боксе велико значение и массы тела. Поэтому в этом виде спорта, как и в тяжелой атлетике и борьбе, введены весовые категории.

Быстрота двигательной реакции особенно необходима боксеру в его защитных и контратакующих действиях. Исследования показали, что время движения атакующей руки меньше времени двигательной реакции. Это выяснилось в опытах с ширмой, которая исключала для защищающегося возможность наблюдать за движениями частей тела противника и выражением его лица. Он мог видеть только движение нападающей руки и поэтому не успевал ответить защитным действием. Отсюда следует, что в своих защитных действиях боксер предусматривает возможность нападающего действия противника еще до того, как оно началось. Это предугадывание основывается на наблюдении за позой противника, его предварительными действиями и даже за выражением лица.

Относительная мощность работы боксера обуславливается трехминутной длительностью раундов. Это означает, что мощность работы субмаксимальная.

В боксе чрезвычайно важно соблюдать определенную дистанцию между противниками. Принято говорить, что боксер должен обладать чувством дистанции. Это чувство, основанное на глазомере, определяющем расстояние до противника, развивается в результате большого двигательного опыта. Боксер научается мгновенно определять расстояние, которое может пройти вооруженная перчаткой рука противника, стремящаяся нанести удар. Достаточно бывает отодвинуться буквально на несколько сантиметров, чтобы удар не достиг цели или оказался резко ослабленным. Равным образом важно точно представлять себе расстояние, которое

должна пройти собственная рука, чтобы именно к концу движения, при его максимальной скорости, она достигла тела противника.

С целью изучения чувства дистанции боксера были использованы три приема. Первый заключается в том, что боксер подходит к цели (штаб-тив с рейкой) для удара с дальней дистанции. Затем, закрыв глаза, он имитирует удар, после чего измеряется расстояние от кулака до цели. Второй прием испытания чувства дистанции сводится к тому, что боксер должен нанести удар по движущемуся ему навстречу подвешенному мешку в тот момент, когда мешок займет строго вертикальное положение. Скорость движения мешка задается его предварительным отведением на определенный угол, после чего он падает подобно маятнику. Определяется, насколько раньше или позже момента прохождения мешком вертикального положения был нанесен удар. Наконец, в третьем испытании использовался специальный прибор, регистрирующий расстояние между противниками – тренером и боксером. Тренер совершает различные движения на ринге, то приближаясь, то отдаляясь от своего ученика, а последний должен успевать за его движениями, сохраняя постоянным расстояние между собой и тренером. Все три испытания показали большую роль спортивного опыта боксера в определении специфической для бокса дистанции,

Отрицательной стороной бокса являются нокауты, нарушающие нормальное протекание важных для организма физиологических функций. При ударе в область солнечного сплетения нокаут возникает вследствие рефлекторной остановки сердца, вызванной сильным возбуждением блуждающего нерва. Такая остановка обычно непродолжительна, сердце вновь возобновляет свою работу, и боксер приходит в сознание. Если для этого потребовалось более 10 сек, то боксеру засчитывается поражение.

Иная форма нокаута возникает при резком ударе в челюсть. Такой нокаут вызывает сотрясение головы, передающееся на вестибулярный аппарат. На некоторое время функция вестибулярного аппарата полностью выключается, что влечет за собой внезапное снижение тонуса мышц всего тела, и боксер падает.

В связи с вредными влияниями нокаута важно добиваться, чтобы опасность нанесения нокаутирующих ударов была сведена до минимума. Это осуществимо при хорошей отработке защитных действий, недопущении к бою слабых противников с сильными.

Фехтование. По величине мышечных усилий фехтование, конечно, сильно уступает боксу, а тем более борьбе. Этим объясняются особенности телосложения фехтовальщиков и отсутствие в фехтовании весовых категорий. Зато быстрота двигательных реакций и скорость движений в этом виде спорта должны быть максимальными.

Необходима также высокая точность движений. Попадание оружием в цель находится в сложной зависимости от быстроты движений. В этом отношении наиболее эффективна некоторая определенная, привычная для

фехтовальщика, скорость движений. При замедленном или очень быстром движении точность попадания оружием в цель уменьшается.

В связи с тем, что продолжительность боя в фехтовании не ограничена и число боев в течение дня может быть значительным, от фехтовальщика требуется большая выносливость.

Как предусмотрено правилами, фехтовальщик не должен наносить уколы с большой силой, однако измерения свидетельствуют о том, что спортсмены обычно развивают слишком большую силу. Этим объясняется, почему при фехтовании бывают несчастные случаи – прокалывание насквозь одежды и даже маски. Применение метода срочной информации о фактическом усилии показало, что фехтовальщиков можно научить уменьшать силу укола.

**Спортивные игры.** Спортивные игры обычно не связаны с большими мышечными напряжениями. Исключением является хоккей, в котором напряжение мышц имеет большое значение при проведении силовых приемов.

Определяющая роль во всех спортивных играх принадлежит скорости мышечного сокращения. В ряде случаев необходима максимальная скорость (штрафной удар в футболе, бросок по воротам в гандболе, удар по мячу над сеткой в волейболе). Вместе с тем скорость метательных движений в спортивных играх в отличие от скоростно-силовых движений в легкой атлетике не всегда максимальная. Спортивные игры отличаются именно тем, что они требуют очень тонкого регулирования скорости движений, от которой зависит дальность полета мяча. В большом числе случаев мяч должен посылаться на определенное расстояние в зависимости от возникшей игровой ситуации (точности ударов в теннисе, подачи в волейболе, броска в корзину в баскетболе, передачи в футболе и т.п.).

Особенное значение во всех спортивных играх имеет пространственная точность движений, от которой зависит меткость посылки мяча. В пространственной ориентировке участвуют многие рецепторы, но главную роль играют здесь зрительные и двигательные.

В спортивных играх важна также быстрота двигательной реакции и способность управлять временем движений.

Среди задач, решаемых в спортивных играх, одной из наиболее распространенных является задача определения траектории и скорости полета мяча. Спортсмен, увидев начало полета мяча, должен как можно быстрее решить, в какую точку игровой площадки направляется мяч и как скоро он там может появиться. От того, как быстро и насколько правильно он решит эту задачу, зависит принятый им план предстоящего действия: устремляться ли к тому месту, куда должен прийти мяч, и с какой скоростью это делать или уступить его партнеру, а может быть, предоставить мячу беспрепятственно идти в аут. Такого рода задачи особенно часто ставятся при игре в теннис, волейбол, футбол. Способность быстро решать их зависит от

квалификации спортсмена и может специально развиваться путем создания условий, в которых моделируются подобные задачи.

Несмотря на все разнообразие выполняемых в спортивных играх двигательных действий, возможно все же дать им сравнительную физиологическую характеристику по двум основным показателям: по относительной мощности работы и по степени сложности и быстроты решения двигательных задач.

Об относительной мощности работы (интенсивности двигательных действий в спортивных играх) можно судить по продолжительности непрерывной игры. Обычно она мала в тех видах спортивных игр, в которых производится смена игроков. Необходимость смены игроков вызвана тем, что вследствие очень высокой интенсивности мышечной работы у них быстро наступает утомление и эффективность действий снижается.

Наиболее характерной в этом отношении игрой является хоккей с шайбой. Исследования продолжительности игры «троек» лучших команд показали, что непрерывное пребывание их на ледяной площадке составляет обычно 1–2 мин. Такого рода работу по ее относительной мощности и продолжительности непрерывного действия до наступления утомления относят к зоне субмаксимальной мощности.

Высокой интенсивностью работы на спортивной площадке отличаются также действия баскетболистов. Смену игроков баскетбольных команд высшего класса производят примерно через 10 мин. По времени это характеризует работу в зоне большой мощности.

В других видах спортивных игр замена игроков по мере их утомления производится реже. О средней интенсивности работы в этих видах игр можно судить только по общему времени игры, а также по времени отдельных непредвиденных пауз в игре, предоставляющих игрокам некоторый отдых. Если подходить с этих позиций, то среднюю мощность работы в большинстве спортивных игр можно оценить как относительно умеренную. Вместе с тем надо иметь в виду, что во время игры возможна работа любой мощности. Поэтому тренировка в спортивных играх должна быть направлена на достижение у спортсменов высокого уровня как аэробной, так и анаэробной производительности. Для получения хороших результатов в спортивных играх необходимо высокое развитие всех тех функций, которые обеспечивают осуществление на высоком уровне работы любой мощности. В этом состоит трудность и своеобразие развития физиологических возможностей спортсмена, специализирующегося в спортивных играх.

Главной чертой управления движениями в спортивных играх является необходимость срочного решения ситуационно возникающих двигательных задач. Степень сложности их решения определяется разными обстоятельствами.

Во-первых, важное значение в спортивной игре имеет количество ее участников. Чем оно больше, тем сложнее задача, стоящая перед спортс-

меном. Он должен быстро определить взаимное расположение членов своей команды и команды противника на спортивном поле или площадке, предугадать действия партнеров и разгадать замысел противников, быстро произвести анализ сложившейся обстановки, вынести решение о наиболее целесообразном действии, выбрав это действие из какого-то возможного числа других действий или его вариантов, и, наконец, осуществить и довести до положительного результата задуманное действие. Ясно, что чем большее число переменных факторов характеризует сложившуюся ситуацию, чем она неопределеннее, тем сложнее решить требуемую задачу.

Второй важный фактор, определяющий сложность управления движениями в спортивных играх, – степень срочности решения задач, зависящая от быстроты действий игроков на площадке.

Казалось бы, если исходить из числа игроков, то наиболее сложные задачи должны быть в футболе, где на площадке находятся 22 игрока. В действительности же дело обстоит не так. В хоккее с шайбой, где число игроков значительно меньше, решаемые задачи могут быть сложнее, чем в футболе, вследствие очень большой скорости передвижения. Кстати сказать, ограниченность времени работы хоккеистов (как указывалось, 1,5–2 мин) вызвана не только высокой интенсивностью их мышечной деятельности, обуславливающей раннее наступление утомления, но и требованиями исключительно быстрого решения задач. Даже небольшое утомление может замедлить решение задачи, и поэтому тренеру, заметившему появление ошибок в действии членов тройки, целесообразно заменить их отдохнувшими игроками.

Приведенное сопоставление показывает, что физиологическая характеристика какой-либо спортивной игры должна содержать оценки как мощности выполняемой спортсменом работы, так и сложности и быстроты решения им двигательных задач.

**Кроссы.** Как указывалось выше, наряду с единоборствами и спортивными играми к числу ситуационных видов спорта, характеризующихся нестандартными условиями, следует отнести кроссы – быстрое передвижение по пересеченной местности. Естественно, что сложность решения ситуационно возникающих двигательных задач зависит от быстроты передвижения и от крутизны подъемов, спусков и поворотов, обусловленных рельефом местности, а также от числа возникающих на пути препятствий. Если сравнить в этом отношении бег, горнолыжный спорт, велокросс и мотокросс, то срочность решения задач наименьшая при беге и наибольшая в скоростном спуске с горы и мотокроссе.

Слалом же не полностью «ситуационный» вид спорта, потому что местонахождение и характер поворотов на склоне горы известны заранее. Трудности управления движениями в этом виде спорта заключаются главным образом в необходимости совершения резких поворотов на большой скорости передвижения.

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ

**Физические качества** – качественные особенности развития двигательных способностей. Выделяют следующие физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость и гибкость.

**Сила.** Сила мышцы может быть определена по максимальному напряжению, которое она развивает в условиях изометрического сокращения. Сила сокращения мышцы зависит от ее длины. Определяя силу мышцы, важно учитывать длину, при которой она сокращается. Изометрическое сокращение мышц развивает максимально возможное для нее напряжение при соблюдении трех условий: первое – активация всех двигательных единиц (мышечных волокон) данной мышцы; второе – режим полного тетануса у всех двигательных единиц; третье – сокращение мышцы при длине покоя. В этом случае изометрическое напряжение мышцы соответствует ее **максимальной силе**.

Максимальная сила мышц зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу, и от толщины этих волокон. Число и толщина их определяют толщину мышцы в целом, или иначе, площадь поперечного сечения мышцы (анатомический поперечник). Отношение максимальной силы мышцы к ее анатомическому поперечнику называется относительной силой мышцы. Она измеряется в  $\text{кг}/\text{см}^2$ . Анатомический поперечник определяется как площадь поперечного разреза мышцы, проведенного перпендикулярно ее длине. Поперечный разрез мышцы, перпендикулярный ходу ее волокон, позволяет получить физиологический поперечник, мышцы. Отношение максимальной силы мышцы к ее физиологическому поперечнику называется **абсолютной силой мышц**. Она, колеблется в пределах  $4\text{--}8 \text{ кг}/\text{см}^2$ .

Морфологической основой мышечной силы является содержание сократительных белков в мышечном волокне, толщина мышечных волокон. Функциональные предпосылки более разнообразны: частота нервных импульсов, поступающих к мышце от двигательных нейронов, уровень тонического влияния от подкорковых ядер и ретикулярной формации, количество нервно-мышечных единиц, вовлекаемых в работу. В максимальных проявлениях качества силы решающее значение приобретает и психологическая установка на результат, воля.

Проявление мышечной силы зависит также от типа мышечных волокон – быстрых или медленных. Если в мышцах больше быстрых волокон, человек способен развивать максимальную мощность в быстрых скоростно-силовых движениях, выполнять работу взрывного характера. Преобладание медленных моторных единиц даёт возможность длительно поддер-

живать мышечное напряжение. Силовая выносливость у таких людей выше, чем у людей взрывного типа.

Биохимической основой мышечной силы является эффективность энергетического обмена и пластической функции; белка, совершенствование сократительного актомиозинового комплекса, активность ферментов, ускоряющих ресинтез АТФ, гормональная регуляция. Максимальная мышечная сила при систематических занятиях растет за счет увеличения абсолютного (анатомического) поперечника мышцы, а также за счет физиологических резервов мобилизации нервно-мышечных (моторных) единиц, вовлекаемых в работу.

Поскольку сила мышцы зависит от ее поперечника, увеличение последнего сопровождается ростом силы данной мышцы. Увеличение мышечного поперечника в результате мышечной тренировки называется *рабочей гипертрофией* мышцы. Выделяют два основных типа рабочей гипертрофии мышечных волокон. Первый тип (саркоплазматический) – утолщение мышечных волокон за счет преимущественного увеличения объема саркоплазмы, несократительной части мышечных волокон. Этот тип гипертрофии приводит к повышению метаболических резервов мышцы: гликогена, безазотистых веществ, креатинфосфата, миоглобина. Значительное увеличение числа капилляров в результате тренировки также может в какой-то мере вызывать некоторое утолщение мышцы.

Первый тип рабочей гипертрофии мало влияет на рост силы мышц, но значительно повышает способность их к продолжительной работе, т.е. выносливость.

Второй тип рабочей гипертрофии (миофибрилярный) связан с увеличением объема миофибрилл, т.е. собственно, сократительного аппарата мышечных волокон. При этом мышечный поперечник может увеличиваться не очень значительно, так как в основном возрастает плотность укладки миофибрилл в мышечном волокне. Второй тип рабочей гипертрофии ведет к значительному росту максимальной силы мышцы. Существенно увеличивается и абсолютная сила мышцы, тогда как, при первом типе рабочей гипертрофии она или совсем не изменяется или даже несколько уменьшается.

Преимущественное развитие первого или второго типа рабочей гипертрофии определяется характером мышечной тренировки. Длительные динамические упражнения с относительно небольшой нагрузкой вызывают рабочую гипертрофию главным образом первого типа. Изометрические упражнения с применением больших мышечных напряжений способствуют развитию рабочей гипертрофии второго типа.

В основе рабочей гипертрофии лежит интенсивный синтез мышечных белков.

Важную роль в регуляции объема мышечной массы, в частности, в развитии рабочей гипертрофии мышцы, играют гормоны андрогены.

У мужчин эти гормоны вырабатываются половыми железами (семенниками) и в коре надпочечников, а у женщин – только в коре надпочечников. Соответственно у мужчин количество андрогенов в организме больше, чем у женщин.

Возрастное развитие мышечной массы в организме идет параллельно с увеличением продукции андрогенных гормонов. Первое заметное утолщение мышечных волокон наблюдается в 6–7-летнем возрасте, когда усиливается образование андрогенов и наступлением полового созревания (в возрасте 11–15 лет) начинается интенсивный прирост мышечной массы у юношей, который продолжается и после периода полового созревания. У девушек развитие мышечной массы в основном заканчивается с периодом полового созревания.

Роль андрогенов проявляется в различиях мышечной силы у мужчин и женщин. Большие показатели ее у мужчин, чем у женщин, отчасти объясняются половыми различиями в линейных размерах тела.

Измерение мышечной силы у человека осуществляется при произвольном напряжении мышц. Поэтому, когда говорят о мышечной силе у человека, речь идет о максимальной произвольной мышечной силе, т.е. о суммарной величине изометрического напряжения группы мышц при максимальном, произвольном усилии испытуемого. Максимальная, произвольная мышечная сила зависит от двух групп факторов, которые можно обозначить как мышечные (периферические) факторы и координационные (нервные) факторы.

К мышечным (периферическим) факторам относятся: механические условия действия мышечной тяги – плечо рычага действия мышечной силы и угол приложения этой силы к костным рычагам; б) длина мышц, так как напряжение мышцы зависит от ее длины; в) поперечник активируемых мышц, т.к. при прочих равных условиях проявляемая мышечная сила тем больше, чем больше суммарный поперечник произвольно сокращающихся мышц.

К координационным факторам относится совокупность центральных координационных механизмов управления мышечным аппаратом. Их можно разделить на две группы – механизмы внутримышечной и межмышечной координации. Внутримышечная координация представлена числом активных двигательных единиц данной мышцы, частотой импульсации ее мотонейронов и связи их импульсации во времени.

Совершенство межмышечной координации проявляется в правильном выборе активируемых мышц-синергистов, в адекватном ограничении активности мышц-антагонистов данного сустава и усилении активности мышц-антагонистов, обеспечивающих фиксацию смежных суставов.

Разница между максимальной силой мышц и их силой, проявляемой при максимальном произвольном усилии, называется силовым дефицитом.

Силовой дефицит тем меньше, чем совершеннее центральное управление мышечным аппаратом.

Величина силового дефицита зависит от трех факторов: психологического состояния испытуемого, количества одновременно активируемых мышечных групп и степени совершенства произвольного управления ими.

Первый фактор. Известно, что при некоторых эмоциональных состояниях человек может проявлять такую силу, которая намного превышает его максимальные силовые возможности в обычных условиях. К таким эмоциональным (стрессовым) состояниям относится, в частности, состояние спортсмена во время соревнования. В экспериментальных условиях значительное повышение показателей максимальной произвольной силы (т.е. уменьшение силового дефицита) обнаруживается в ситуациях, вызывающих сильную эмоциональную реакцию испытуемого, например после неожиданного выстрела. То же отмечается при гипнозе, приеме некоторых лекарственных препаратов. При этом положительный эффект (уменьшение силового дефицита) более выражен у нетренированных испытуемых и слабее или совсем отсутствует у хорошо тренированных спортсменов, например тяжелоатлетов.

Второй фактор. При одинаковых условиях измерения величина силового дефицита, по-видимому, тем больше, чем больше число одновременно сокращающихся мышечных групп.

Третий фактор. Изометрическая тренировка, проводимая при определенном положении конечности, может вызвать значительное повышение максимальной произвольной силы, измеряемой в том же положении. Если измерения силы проводятся при других положениях конечности, то прирост мышечной силы оказывается незначительным или отсутствует совсем. Если бы увеличение силы зависело лишь от прироста поперечника тренируемых мышц, то оно должно бы обнаружиться при измерениях в любом положении конечности. Однако увеличение произвольной мышечной силы выявляется в основном при измерениях в определенной (тренируемой) позе. Это означает, что в данном случае прирост силы обусловлен более совершенным, чем до тренировки, центральным управлением мышцами, т.е. совершенствованием координационных (нервных) механизмов.

До сих пор речь шла об **изометрической (статической) мышечной силе**. Мышечная сила, измеряемая в условиях динамического режима работы мышцы, обозначается как динамическая сила. Динамическая сила, измеряемая при концентрическом сокращении мышц, меньше, чем статическая.

К одной из разновидностей мышечной силы относят так называемую **взрывную силу**, которая характеризует способность к быстрому проявлению мышечной силы. В качестве показателей взрывной силы используют отношение максимальной проявляемой силы к времени ее достижения или времени достижения половины этой силы.

Благоприятные морфологические и функциональные предпосылки для развития силы создаются к 9–10 годам. У мальчиков прослеживаются 2 периода высокой чувствительности к динамическим силовым упражнениям: с 9 до 10–12 лет и с 14 до 17 лет. У девочек силовая выносливость к 11 годам достигает показателей 15–16-летних девушек. Статические усилия сопровождаются у школьников 7–10 лет быстрым развитием утомления.

В школьном уроке физической культуры в 5–8 классах с успехом применяются динамические силовые упражнения с небольшими (1–2 кг) отягощениями, лазание по канату, переноска груза, толкание ядра. В возрасте 15–16 лет в связи с повышением силовой выносливости увеличивается число упражнений с отягощениями массой 2–3 кг, проводится лазание по канату на скорость, применяются элементы борьбы. Силовые упражнения у девушек в этом возрасте ограничиваются вследствие падения относительной силы мышц. В занятиях с подростками следует применять упражнения, требующие поддержания статических поз, стоек, висов, упоров. Раннее приобщение детей к занятиям видами спорта, требующими максимального проявления силы, не может считаться оправданным.

В период от 12 до 20 лет максимальная произвольная сила у юношей больше, чем у девушек. В пределах этого возраста увеличивается и мышечная сила и мышечная масса. В результате относительная произвольная сила в среднем одинакова у мужчин и женщин и составляет около  $6 \text{ кг/см}^2$ . Вместе с тем имеются значительные различия в относительной произвольной силе у разных людей. Таким образом, хотя степень использования силовых возможностей мышечного аппарата в среднем одинакова у мужчин и женщин разного возраста она существенно отличается у разных людей. Эти различия могут быть отчасти следствием тренировки.

**Быстрота.** Быстрота является проявлением способностей человека срочно реагировать на внешние раздражители и выполнять быстрые движения. Количественно быстрота характеризуется временем скрытого периода двигательной реакции, скоростью одиночного движения, частотой движений в единицу времени и производной от этих показателей – скоростью передвижения в пространстве. Это главный показатель быстроты. Скрытое время двигательной реакции имеет слабую связь со скоростью передвижения. Преодоление внешнего сопротивления или отягощения в быстрых движениях сопряжено со значительными мышечными усилиями. Поэтому в спортивной практике быстрота проявляется в специфических формах скоростно-силовых качеств.

Физиологическими предпосылками быстроты являются подвижность нервных процессов, скорость и эффективность реализации переданного к мышце нервного импульса. Проявление качества быстроты связано и со скоростью биохимических реакций, обеспечивающих ресинтез АТФ – энергетического источника сокращения. Передвижение с большой скоро-

стью определяется не только функциональными, но и морфологическими особенностями человека – ростом, массой тела.

Физические упражнения, применяемые для воспитания быстроты, должны быть близкими по структуре специфическим двигательным навыкам. Так, для юного спринтера наиболее рациональным средством развития быстроты является бег с предельной скоростью. При этом техническая основа бега должна быть безупречной. Иначе говоря, в рамках спортивной специализации эффективными для развития быстроты средствами являются технически совершенные формы движений, которые могут быть выполнены с максимальной скоростью.

Длительность выполнения скоростных упражнений должна быть оптимальной: после достижения предельной скорости упражнение выполняется в течение 1–2 с и прекращается до очередного повторения. Для юного спринтера таким упражнением является бег на отрезках 30–60 м с максимальной скоростью. Во время интервалов отдыха необходимо полное восстановление с сохранением оптимальной возбудимости. В одном тренировочном занятии с максимальной скоростью выполняется 5–10 забегов с интервалами отдыха в 4–6 мин. Продолжительность каждого упражнения должна быть такой, чтобы к концу его скорость не снижалась. С падением скорости повторное выполнение упражнения теряет смысл: скорость не развивается. Повторение скоростного упражнения на следах утомления является средством развития скоростной выносливости. Средства воспитания быстроты в детском и подростковом возрасте разнообразны. Это общеразвивающие упражнения, выполняемые с предельной скоростью, игры, игровые упражнения, бег на коротких отрезках.

Эффективным средством развития скоростно-силовых качеств в младшем школьном возрасте является кратковременный быстрый бег на отрезках от 15 до 30 м, не вызывающий утомления. Главные условия, которые необходимо соблюдать, используя это средство, – поддержание высокого темпа движений, далеких от естественных форм бега, хороший эмоциональный фон. В возрасте 10–11 лет у школьников повышается способность к неоднократному выполнению скоростной работы (повторный бег на коротких дистанциях).

У 13–14-летних подростков отмечается тесная связь между скоростью бега и ростом тела в длину: высокорослые подростки имеют несомненные преимущества перед низкорослыми сверстниками. Этой связи нет у 10–11-летних детей: как высокорослые, так и низкорослые имеют примерно одинаковую скорость бега. Следовательно, в пубертатном периоде решающую роль в проявлении скоростных качеств играет степень половой зрелости и связанный с ней уровень физического развития. Дети младшего школьного возраста хорошо переносят кратковременные скоростно-силовые нагрузки. Широкое применение в занятиях с ними находят прыж-

ковые, акробатические упражнения, динамические упражнения на гимнастических снарядах.

Вместе с тем дети должны уметь сохранять статические позы при обязательном контроле за дыханием. Применение статических упражнений диктуется необходимостью поддерживать правильное положение при выполнении упражнений. Особое значение имеют статические упражнения для воспитания осанки в этом возрасте. Осанка тесно связана со статической выносливостью мышц спины. Поэтому ее развитие является и средством предупреждения нарушений осанки.

У детей 11–12 лет наблюдается интенсивный прирост скоростно-силовых качеств. У гимнастов этого возраста относительная сила мышц ног больше, чем у 16–17-летних. Для развития скоростно-силовых качеств предпочтение отдается динамическим упражнениям взрывного характера. Высоким эффектом отличается выпрыгивание вверх после прыжка в глужину. В 12–14-летнем возрасте преимущественно за счет развития скоростно-силовых качеств высокими темпами растет скорость передвижения. Поэтому широкое использование скоростно-силовых упражнений создает благоприятные возможности для развития этого качества.

В подростковом возрасте создаются физиологические предпосылки для обучения технике скоростного бега. Средствами развития быстроты является бег с предельной или околопредельной скоростью от 20 до 60 м, семенящий бег с последующим ускорением, а также контрастные по мышечному напряжению упражнения. К 14–15 годам темпы возрастных функциональных и морфологических перестроек, лежащих в основе прироста быстроты, снижаются к с этим падает и эффективность скоростных и скоростно-силовых упражнений. После 15 лет прогрессивное развитие скоростно-силовых качеств достигается только специальными упражнениями.

**Выносливость.** Различают общую и специальную выносливость. **Общая выносливость** – это способность к продолжительному выполнению мышечной работы аэробного характера с участием обширных мышечных групп (например, при беге, передвижении на лыжах, плавании). **Специальная выносливость** проявляется при длительном выполнении специальных упражнений с мощностью нагрузки, близкой или равной соревновательной (например, при пробегании с соревновательной скоростью отрезков, соизмеримых с основной дистанцией). Специальные виды выносливости характеризуются эффективным выполнением соревновательных упражнений в течение времени, обусловленного спортивной специализацией. Поэтому вполне правомерно выделение спринтерской, силовой, скоростно-силовой и других видов специальной выносливости.

Уровень развития общей выносливости определяется функциональными возможностями нервной и эндокринной систем, сердечной производительностью, слаженностью в работе двигательного и вегетативного аппаратов.

Уже в дошкольном возрасте дети обладают способностью выполнять сравнительно продолжительную работу аэробного характера, направленную на развитие выносливости. Дети 5–6 лет могут пробежать в течение одного занятия до 1,5 км, а через год систематических занятий – до 2,5 км.

В младшем школьном возрасте предпочтительны нагрузки с аэробной направленностью. Они создают условия для оптимальной работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Эффективность таких упражнений в первые годы занятий оказывается не ниже, чем при интенсивных специальных нагрузках. Следовательно, применяя малоинтенсивные аэробные нагрузки, можно оптимальными для организма средствами достичь того же результата, что и форсированными нагрузками, чреватых перенапряжением физиологических функций. Особенно высока чувствительность к действию малоинтенсивных упражнений, развивающих выносливость, у детей 8–10 лет. С 12 до 15 лет эффективность этих упражнений уменьшается, выносливость стабилизируется или незначительно снижается.

Физиологически обоснованными средствами развития выносливости у детей и подростков являются различные виды циклических упражнений, повышающих аэробную производительность организма. Хорошо зарекомендовал себя в этом отношении равномерный бег умеренной (в пределах 60% от максимальной) мощности с постепенно увеличивающейся продолжительностью. Советские и зарубежные специалисты считают возможным уже в младшем школьном возрасте использовать для развития общей выносливости кроссовый бег на дистанции от 3 до 4–5 км. С этой же целью рекомендуется включать в занятия подвижные игры и игровые упражнения.

При тестировании по длительности бега со скоростью 75% от максимального наибольшего прироста выносливости у мальчиков наблюдается в 13–14 лет, у девочек в 10–13 лет. В подростковом возрасте наряду с малоинтенсивным бегом используется бег с переменной скоростью, темповый бег на 400–500 м (для мальчиков) и 200–300 м (для девочек). Недельный объем бега увеличивается до 35–40 км.

Главное требование, предъявляемое к физическим упражнениям, направленным на развитие общей выносливости в детском и подростковом возрасте, – это создание высокого эмоционального фона и мягкого, щадящего режима тренировочных занятий. Выполнение данного требования является необходимой предпосылкой поддержания у юных спортсменов интереса к занятиям и создания условий для последующей специализации. К подростковому возрасту создаются физиологические предпосылки воспитания специальной выносливости в условиях школьных спортивных секций. У подростков-легкоатлетов около 30% общего объема тренировки на выносливость составляют упражнения для развития ее специальных видов.

Чувствительность детей и подростков к специальным упражнениям в значительной мере определяется уровнем физического развития, соответствием средним возрастным нормам. К физическим нагрузкам на вы-

носливость быстрее адаптируются дети и подростки, имеющие средний уровень физического развития. Их высокорослые сверстники (акселераты) оказываются менее выносливыми. У школьников с высоким уровнем физического развития работоспособность при выполнении скоростных и скоростно-силовых упражнений выше, чем у их сверстников со средним и низким уровнем физического развития. Дети и подростки с низкими показателями физического развития значительно уступают сверстникам как в общей, так и в специальной выносливости. Оптимальными показателями физической работоспособности отличаются те, кто имеет средний уровень физического развития. При низких или очень высоких показателях физического развития чаще наблюдаются функциональные расстройства в работе сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата.

**Ловкость и гибкость.** *Ловкость* характеризуется способностью к выполнению сложных по координации движений, быстрому овладению ими, изменениям в действиях в зависимости от складывающейся двигательной ситуации. Для проявления этого качества необходимы запас двигательных навыков, способности к их переделке, связанные с высоким уровнем аналитико-синтетической функции мозга. Ловкость отличается специфичностью. В совершенстве владеющий всеми приемами игры ловкий хоккеист может оказаться совершенно беспомощным, например, на гимнастическом помосте, равно как и гимнаст – на хоккейном поле. Физиологической основой овладения новыми движениями являются подвижность и динамичность нервных процессов. Точность и соразмерность движений определяется степенью развития кинестезической чувствительности, т.е. совокупной деятельностью двигательного и тактильного анализаторов. Физиологически обоснованными являются такие методы развития ловкости, которые обеспечивают не только рациональное и быстрое овладение движениями, но и целесообразное их применение в меняющихся условиях. В младшем школьном возрасте для этого используются подвижные игры, элементы спортивных игр (например, мини-футбол), игровые упражнения, эстафеты.

Особое значение при воспитании ловкости следует придавать постоянному обновлению запаса двигательных навыков. Это поддерживает высокий тонус «творческой» деятельности коры в формировании новых движений. В подростковом возрасте средствами воспитания ловкости являются в основном те физические упражнения, которые специфичны для отдельных видов спорта. Так, для воспитания ловкости в баскетболе необходимо научить спортсмена обширному арсеналу технических приемов и тактических действий. Ловкость горнолыжника совершенствуется преимущественно в условиях его естественной тренировки.

Имеются, однако, методы воспитания ловкости, которые в известной степени носят общий характер. Например, умение расслабляться – свойство, необходимое всем, – является и условием проявления ловкости. Вре-

мя ответной реакции на внезапный раздражитель характеризует быстроту действий при изменении ситуации. Целенаправленное его сокращение путем стимулирования двигательного ответа на внезапный сигнал является физиологически обоснованным методом воспитания ловкости.

Важное значение в воспитании ловкости приобретает совершенствование пространственной ориентировки, а также способности анализировать пространственно-временные характеристики движения. В качестве метода развития и своеобразного теста ловкости применяются такие упражнения, как выпрыгивание вверх на заданную высоту, прыжок в длину с места с ограничением его определенными условиями, бег типа «бумеранг» и «слалом» (с пробеганием через сложную систему фигур). Наиболее эффективными средствами комплексного совершенствования ловкости являются спортивные и подвижные игры. В них наилучшим образом сконцентрированы элементы, тренирующие это качество.

**Гибкость** характеризуется степенью подвижности в суставах. Количественное выражение подвижности – амплитуда движений. Гибкость способствует повышению спортивных результатов в метаниях, некоторых видах прыжков, гимнастических и акробатических упражнениях, более эффективному овладению новыми формами движений.

Уровень развития этого качества зависит от эластичности мышц и связочного аппарата, анатомических особенностей суставных поверхностей, формы сочленений, эластичности тканей, окружающих суставы. Максимальная амплитуда движений определяется и функциональным состоянием ЦНС.

Различают активную и пассивную гибкость. Активную гибкость характеризует амплитуда движений, достигаемая мышечной тягой. Пассивная гибкость ограничивается только анатомическими особенностями строения суставов. Она больше активной, но полностью может быть реализована в условиях работы с использованием снарядов, отягощения весом собственного тела или партнера.

В младшем школьном возрасте имеются благоприятные предпосылки для воспитания гибкости. Это прежде всего морфологические особенности опорно-двигательного аппарата – высокая эластичность связок и мышц, большая подвижность позвоночного столба. Наиболее высокие естественные темпы развития гибкости наблюдаются у детей 7–10 лет. У девочек 11–13 лет и у мальчиков 13–15 лет активная гибкость достигает максимальных величин. Физиологические и морфологические предпосылки для повышения гибкости в этом возрасте не должны, однако, сделать ее воспитание самоцелью. Чрезмерная подвижность в суставах неблагоприятно отражается на формировании некоторых двигательных навыков.

Возраст от 7 до 10 лет характеризуется высокими темпами развития ловкости движений. Этому способствуют пластичность ЦНС, интенсивное

совершенствование двигательного анализатора, выражающееся, в частности, в улучшении пространственно-временных характеристик движения.

Применение в школьном уроке физической культуры игр, требующих внезапного изменения действий в соответствии с возникшей игровой ситуацией, выполнение упражнений с различными предметами, а также усложняющихся заданий с использованием координированных движений отдельными частями тела, способствуют совершенствованию качества ловкости.

Совершенствование гибкости в подростковом возрасте достигается специальными упражнениями на растягивание, выполнением движений с полной амплитудой и парных упражнений. Основными средствами воспитания гибкости в этом возрасте являются физические упражнения, характерные для определенного вида спорта.

Основываясь на экспериментальных данных о наиболее благоприятном сочетании и последовательности использования средств воспитания физических качеств, в начале основной части урока должны быть предусмотрены упражнения для воспитания быстроты, затем силы и выносливости. В зависимости от конкретных задач урока силовые упражнения в отдельных случаях могут выполняться раньше скоростных. Средства воспитания выносливости используются всегда после скоростных и силовых упражнений.

## *Лекция 7*

### **СПОРТИВНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ**

***Спортивная работоспособность*** – это способность спортсмена совершать специфическую для него работу: поднимать предельные тяжести, развивать максимальную скорость на короткой дистанции, преодолевать утомление на длинной, удерживать высокий темп в единоборстве и в спортивной игре и др. Оценивается спортивная работоспособность по показателям, которые приняты на соревнованиях (вес штанги, время преодоления дистанции, дальность прыжка и метания, баллы, квалификация противников, побежденных в единоборстве или игре).

Работоспособность спортсмена – величина непостоянная. Она зависит от многих факторов, в первую очередь от состояния тренированности, и изменяется в течение дня, в процессе самой работы – тренировки и соревнований – и во время отдыха.

## Изменение работоспособности в процессе работы

**Врабатывание.** *Врабатыванием* называется процесс повышения работоспособности в начале работы. Оно проявляется в разных формах. Одной из них является вrabатывание в начале дня, или утреннее вrabатывание. Оно заключается в переходе организма от состояния сна к состоянию бодрствования. Хотя человек просыпается довольно легко, тем не менее полное переключение организма на деятельное состояние происходит весьма постепенно и требует сравнительно много времени. Это связано с тем, что не все физиологические системы организма одновременно и с одинаковой скоростью переходят от состояния сна к состоянию бодрствования.

Во время сна прекращается восприятие большинства экстероцептивных и проприоцептивных сигналов. Уменьшается поступление импульсов от органов зрения и слуха, от рецепторов двигательного аппарата, кожи, вестибулярного аппарата, и кора больших полушарий головного мозга оказывается фактически отключенной от органов чувств. Сохраняется лишь поступление сигналов от интерорецепторов в подкорковые отделы центральной нервной системы, обеспечивающее автоматическую регуляцию вегетативных функций.

Возбудимость дыхательного центра во время сна снижена, поэтому уменьшена вентиляция легких, а концентрация углекислого газа в крови повышена. Вследствие малой глубины дыхания присасывающее действие грудной клетки на венозное кровообращение невелико, и поэтому замедлен приток крови к сердцу. Отсутствие движений также способствует замедленности кровообращения. Значительная часть крови находится в кровяных депо, неподвижность тела затрудняет отток лимфы, и она застаивается в тканях (внешне это проявляется в некоторой отечности лица, наблюдаемой по утрам). Понижаются растяжимость и сократимость находившихся длительное время без движения мышц. В связи с этим работоспособность организма к моменту пробуждения понижена.

Если человек после пробуждения еще продолжительное время не совершает активных двигательных действий, то на усиление всех перечисленных функций, ослабленных во время сна, требуется много времени. Однако этот процесс ускоряется, если вскоре после пробуждения начинается мышечная деятельность. Наиболее положительное влияние на ускорение перехода от сна к состоянию бодрствования оказывают упражнения утренней гимнастики – важнейшего фактора ускоренного вrabатывания организма в начале дня.

Под влиянием утренней гимнастики увеличивается поток импульсов от рецепторов двигательного аппарата, кожи, вестибулярного аппарата, что способствует быстрому повышению работоспособности высших отделов центральной нервной системы. При выполнении упражнений утренней гимнастики усиливается дыхание, интенсивнее удаляется избыток угле-

кислого газа из крови, повышается возбудимость дыхательного центра. Усиливаются кровообращение, мобилизация крови из кровяных депо, приток венозной крови к сердцу, ускоряется отток лимфы. Повышается растяжимость мышц, налаживается процесс управления движениями, которые становятся более координированными, точными и быстрыми.

Завершающая утреннюю гимнастику водная процедура, служащая дополнительным термическим и механическим раздражителем кожи, вследствие раздражения многочисленных рецепторов кожи, также способствует повышению возбудимости центральной нервной системы.

Несмотря на эффективное влияние утренней гимнастики, организм после нее обычно еще не способен к проявлению своей максимальной работоспособности. Вработывание – процесс продолжительный: на протяжении еще нескольких часов с момента пробуждения организм спортсмена не может проявить максимум своей работоспособности. Этим объясняется, почему соревнования начинают обычно не рано утром, а около полудня.

На тренировочных занятиях или уроках физкультуры процесс вработывания продолжается довольно долго. Поэтому в начале занятий выполняются специальные подготовительные упражнения, ускоряющие процесс вработывания. Замечено, что чем выше интенсивность занятия, тем длительнее процесс вработывания.

**Стартовое состояние.** *Стартовым состоянием* называют усиление ряда физиологических функций перед стартом, т.е. перед началом работы несмотря на то, что в это время организм еще находится в состоянии покоя. Субъективно оно воспринимается спортсменом как чувство волнения при выходе на старт, а в большинстве случаев и значительно раньше. Стартовое состояние может наступить за много часов до начала соревнования, утром в день соревнования или даже накануне. Одна мысль о предстоящем соревновании, разговоры о нем уже вызывают изменения физиологических функций, которые обычно сопровождают работу, но отсутствуют при полном покое организма. При стартовом состоянии отмечают учащение пульса, повышение кровяного давления, выход крови из кровяных депо, усиление дыхания легочной вентиляции. Обнаружено, что в крови увеличивается содержание сахара, а также и некоторых гормонов, в частности адреналина и кортикостероидов.

В физиологическом смысле, стартовое состояние – это условный рефлекс. Безусловным раздражителем является мышечная работа, которая начинается с момента старта. Условными раздражителями – все то, что сопутствует мышечной работе: обстановка, сопровождающая начало спортивного напряжения – выход на игровую площадку, на линию старта, на помост и т.п., реакции зрителей и др. Такую же роль могут играть и сигналы второй сигнальной системы – разговоры о предстоящем соревновании, мысль о нем. Условнорефлекторное действие оказывает не только обстановка соревнований, но и обстановка тренировочных занятий.

Физиологические сдвиги в стартовом состоянии тем более выражены, чем выше интенсивность предстоящей работы. Поэтому, например, у марафонцев частота пульса на старте увеличена далеко не в такой мере, как у спринтеров.

Значение стартового состояния состоит в том, что оно как бы готовит организм к предстоящей работе. Условные раздражители здесь являются сигналами предстоящей работы. Сама работа еще не наступила, но появился ее предвестник – условный раздражитель, и в организме начинаются соответствующие изменения. К моменту фактического начала работы организм оказывается уже подготовленным к ней.

Стартовое состояние имеет эмоциональную окраску. В зависимости от степени выраженности значение его для предстоящей работы может быть разным. Различают три разновидности эмоций, характеризующих стартовое состояние: боевую готовность, стартовую лихорадку и стартовую апатию. *Состояние боевой готовности* – это благоприятная форма стартового состояния. Физиологические сдвиги при этом соответствуют интенсивности предстоящей работы, психологически это проявляется в уверенном ожидании предстоящего старта, в стремлении победить на соревновании. *Стартовая лихорадка* представляет собой слишком сильное возбуждение нервной системы. Физиологические изменения в этом случае непомерно велики по сравнению с предстоящей работой. Наблюдается дрожание рук, иногда оно охватывает все тело. Состояние человека действительно напоминает состояние больного лихорадкой. Стартовая лихорадка вследствие чрезмерного возбуждения бывает причиной фальстартов, неудачного начала выступления, недостаточной координированности движений. *Стартовая апатия* – это своеобразное торможение, пришедшее на смену чрезмерному возбуждению. Она представляет собой как бы обратную сторону стартовой лихорадки и иногда приходит на смену последней, что бывает, например, при чрезмерно затянувшемся вызове на старт. Стартовая апатия характеризуется неуверенностью спортсмена в своих силах, появлением желания отказаться от соревнования.

Важным средством борьбы с неблагоприятными формами стартового состояния – стартовой лихорадкой и стартовой апатией – служит разминка. Она уменьшает избыточное возбуждение при стартовой лихорадке и снимает угнетенное состояние при стартовой апатии.

**Разминка.** *Разминкой* называется мышечная деятельность в форме физических упражнений, которая предшествует выступлению на соревновании или тренировочному занятию. Разминка обеспечивает приведение организма в состояние наибольшей работоспособности к моменту старта. Она рассчитана на то, чтобы подготовить организм перед соревнованием к предельному спортивному напряжению, обеспечить его максимальную работоспособность.

Различают общую и специальную разминку. Влияние общей разминки заключается в усилении функций различных физиологических систем с помощью разнообразных физических упражнений. Влияние специальной – в подготовке главным образом тех функций, усиление которых особенно необходимо в предстоящем соревновании. Для этого используют физические упражнения, которые по своей структуре наиболее близки к предстоящим движениям.

Разминка должна подготовить мышцы к предстоящей работе. Для этого в нее включают упражнения, влияющие на упругость мышц, повышающие их растяжимость. Таким образом достигают улучшения гибкости в суставах. При разминке повышается температура мышц, тем самым уменьшается их вязкость и увеличивается скорость протекающих в них химических реакций. В частности, создаются выгодные условия для отщепления кислорода от оксигемоглобина крови и поступления его в мышцы. В них дополнительно раскрываются капилляры, что обеспечивает усиление кровоснабжения мышц. Происходит сжатие сосудов селезенки, печени, подкожной клетчатки, с чем связана мобилизация депонированной крови.

Разминка вызывает увеличение минутного объема крови. Во время основного спортивного напряжения для обеспечения максимального потребления кислорода подчас требуется увеличение минутного объема крови до максимально возможных величин, т.е. в 6–8 раз. Для этого нужно время. Исследования показали, что для максимального увеличения минутного объема крови необходимо несколько минут интенсивной мышечной работы.

Разминка способствует также подготовке дыхательной системы к максимальной деятельности. При этом важное значение имеет не только увеличение глубины и частоты дыхания, но и соответствие интенсивности дыхания величине кислородного запроса и степени усиления кровообращения.

Важнейшая задача разминки – налаживание регуляции и взаимной согласованности функций дыхания, кровообращения и движения в условиях максимальной мышечной деятельности.

Разминка способствует также развитию процессов терморегуляции. Если работа начинается без предварительной подготовки, то резко возросшая теплопродукция опережает теплоотдачу и температура тела быстро повышается. Имеются наблюдения, свидетельствующие о том, что при интенсивной мышечной работе и недостаточной теплоотдаче температура тела может повыситься до 40°. Если же проводится разминка, то предварительно происходит расширение сосудов кожи и усиление работы потовых желез. К моменту старта механизмы теплоотдачи оказываются уже полностью включенными, что предохраняет от чрезмерно большого повышения температуры тела.

Многообразно влияние разминки на состояние центральной нервной системы. Имеются данные о том, что она способствует повышению возбудимости различных нервных центров и подвижности нервных процессов. Но главное ее влияние заключается в предварительной подготовке нервной системы к управлению движениями и к регулированию вегетативных функций. Во время спортивного соревнования процессы управления и регулирования должны безотказно действовать в самых трудных, напряженных условиях. Естественно, что без предварительной подготовки, предварительного налаживания взаимосвязи различных физиологических функций при мышечной деятельности трудно обеспечить высокосовершенную регуляцию, необходимую при максимальном спортивном напряжении.

Общая разминка может состоять из различных упражнений, в которые не обязательно должны входить предстоящие в соревнованиях движения. Специальная же часть разминки содержит именно эти предстоящие движения, позволяющие воспроизвести нужные двигательные навыки. Во время разминки происходит новое закрепление ранее выработанных условнорефлекторных связей, уточнение дифференцировок, еще раз проверяется слаженность, согласованность всех элементов динамического стереотипа, характеризующего данный двигательный навык. Поэтому бегуны, например, завершают разминку пробными стартами, гимнасты – пробными подходами к снарядам. Они проверяют правильность своих движений, точность двигательных ощущений. Обычно между концом разминки и стартом проходит некоторое время. Оно не должно быть слишком большим, иначе пропадет весь физиологический эффект разминки и организм вернется к тому состоянию, которое было до нее. В случае удлиненного интервала целесообразно перед стартом провести повторную, но уже короткую разминку.

**«Мертвая точка» и «второе дыхание».** У начинающих, а иногда и у опытных спортсменов через некоторое время после старта возникает своеобразное состояние, получившее название *«мертвой точки»*. Чаще это наблюдается при спортивных упражнениях циклического типа, например при беге. Она проявляется в чувстве некоторой скованности в ногах, в ощущении удушья, одышки, стеснения в груди. Возникает стремление снизить скорость бега. Если «мертвая точка» выражена очень сильно, неопытный спортсмен может прекратить бег, не закончив дистанцию. Если преодолеть состояние «мертвой точки», невзирая на неприятные ощущения и некоторое снижение скорости, собрав свою волю, продолжать упражнение, как обычно и поступают опытные спортсмены, то через некоторое время наступает облегчение. Движения становятся более свободными, чувство острой усталости проходит, дыхание выравнивается. Такое состояние, приходящее на смену «мертвой точке», получило название *«второе дыхание»*, потому что наиболее ярким из субъективных ощущений яв-

ляется чувство облегчения дыхания (спортсмены иногда говорят: «открывается дыхание»).

Главная причина «мертвой точки» – недостаточная степень вработывания. Чрезмерно большая скорость с начала дистанции не создает условий для регуляции всех функций, обеспечивающих мышечную работу, в особенности функций дыхания и кровообращения. Это приводит к недостаточному снабжению мышц кислородом, и работа совершается преимущественно в анаэробных условиях.

Наиболее типичной чертой «мертвой точки» является падение интенсивности работы – снижение скорости бега, гребли и т.п. Замечено, что если скорость на дистанции во время «мертвой точки» не уменьшается, тогда все описанные явления прогрессируют, быстро наступает утомление и дело может кончиться сходом с дистанции. Снижение интенсивности работы предохраняет организм от наступления острого утомления, создает условия, благоприятствующие налаживанию регуляции физиологических функций, и облегчает процесс вработывания. В этом случае «мертвая точка» сменяется «вторым дыханием».

Как отмечалось выше, явление «мертвой точки» главным образом наблюдается у неопытных спортсменов. Основная причина – слишком большая скорость в начале дистанции. Более опытный спортсмен распределяет свои усилия на дистанции согласно своим возможностям и выбирает такую скорость на старте, при которой исключается образование «мертвой точки». Следовательно, «мертвая точка» чаще всего результат плохой «раскладки сил» в начале дистанции.

Возникновение «мертвой точки» возможно и в тех случаях, когда старту не предшествует достаточная разминка. Как было сказано выше, разминка обеспечивает предварительное вработывание организма, благодаря которому может быть достигнута хорошая регуляция физиологических процессов уже с самого начала интенсивного старта. Отсутствие разминки исключает возможность хорошей регуляции при высоком темпе работы с самого ее начала. Этим объясняется, почему «мертвая точка» редко наблюдается у опытных, хорошо тренированных спортсменов, применяющих перед стартом хорошо продуманную разминку.

## Утомление

**Утомление** – состояние организма, возникающее вследствие выполнения работы и проявляющееся в снижении работоспособности. Оно выражается в уменьшении силы или быстроты мышечных сокращений, в замедлении расслабления мышц, в нарушении точности, координации движений, в увеличении времени реагирования на раздражители и т.п. Работоспособность может быть пониженной даже в том случае, если работа совершается в полном объеме, но выполнение ее требует все большего

напряжения физиологических функций организма (повышенных энергетических затрат, более частого дыхания и сердцебиений).

**Факторы утомления.** В основе утомления лежат разнообразные причины.

- В пределах нервной клетки, синапса, мышечного волокна утомление может быть следствием изменения мембранного потенциала, нарушения соотношения между ионами калия и натрия и между одновалентными и двухвалентными ионами. Установлено, например, что по мере развития утомления количество ионов калия в работающей мышце уменьшается. От этого нарушается нормальное соотношение между калием и натрием и изменяется мембранный потенциал.

- Причиной утомления могут быть изменения в системе энергетического обеспечения мышцы. Хотя полного истощения энергетических запасов в мышце никогда не происходит, тем не менее уменьшение этих запасов способствует развитию утомления мышцы. Это относится в первую очередь к углеводным запасам в мышцах и печени. По мере расходования гликогена печени уменьшается поступление сахара в кровь и восполнение расходуемого в мышцах гликогена оказывается недостаточным.

- Фактором утомления могут быть и нарушения в ферментной системе мышц, от которой зависит скорость распада энергетических веществ, главным образом фосфорсодержащих соединений. На распад и ресинтез АТФ и КрФ влияют гормоны, преимущественно гормоны коркового слоя надпочечников. При длительной напряженной работе уменьшается поступление этих гормонов в кровь, что также может способствовать наступлению мышечного утомления.

- Утомление быстрее наступает при недостаточности дыхания тканей, т.е. ограниченном поступлении кислорода. Последнее происходит вследствие недостаточного усиления кровообращения. По этой причине аэробные процессы резко отстают от анаэробных. В мышце накапливаются продукты анаэробного распада, и это создает препятствие для дальнейшей работы мышц.

- Процессы утомления развиваются не только в самом работающем органе, в мышце, но и в нервных центрах и других системах. Развитие утомления может усилиться при изменении состава крови: уменьшении содержания в ней гемоглобина, повышении осмотического давления вследствие перехода воды в мышцы и удаления ее с потом, повышения кислотности, поступления из мышц в кровь больших количеств молочной кислоты. Все эти изменения в крови сказываются в первую очередь на работоспособности нервных центров.

- Причины утомления могут лежать в недостаточной функции желез внутренней секреции, главным образом надпочечников. Уменьшение образования адреналина и кортикостероидов влечет за собой снижение мышечной работоспособности.

- Утомление может возникать и от того, что нарушается нормальная работа рецепторов, подающих информацию о движении в нервные центры, и ухудшается рефлекторная регуляция физиологических процессов.

- Помимо этого, понижение работоспособности может быть вызвано различными воздействиями внешней среды. Высокая наружная температура или резкое ее понижение, недостаточное охлаждение тела или его перегревание – все это может стать причиной быстрого наступления утомления. Фактором снижения работоспособности при работе в горных условиях является пониженное парциальное давление кислорода, а при подводном плавании, наоборот, повышенное давление.

Следовательно, причиной утомления могут быть нарушения нормальной деятельности любых органов.

Обилие факторов утомления и исключительное множество форм движений еще не означает, что для каждого движения имеется своя причина утомления, не имеющая сходства с причинами утомления при других движениях. Возможно объединение различных движений в группы, характеризующиеся примерно одинаковым характером утомления и, следовательно, примерно одинаковыми его причинами. Рассмотрим некоторые из этих групп мышечной деятельности.

Особенно ярко проявляется утомление при статической работе. Статическая работа, или статическое усилие, представляет собой изометрический режим мышечной деятельности, при котором мышца только напрягается, но не производит движений. Такая форма деятельности очень утомительна, и утомление наступает тем скорее, чем больше величина развиваемого мышцей напряжения. При максимальном ее напряжении утомление возникает буквально на первой же секунде. При несколько меньшей величине статического усилия оно может продолжаться секунды или десятки секунд. Установлено, что во время большого статического напряжения значительно повышается внутримышечное давление. Напряженные мышечные волокна сдавливают кровеносные сосуды с такой силой, что происходит резкое уменьшение кровоснабжения мышц и может быть даже полная остановка движения в них крови. Повышение давления в напряженной мышце настолько велико, что сдавливаются не только тонкие стенки венул, но и упругие мышечные стенки артериол. Резкое уменьшение кровообращения в мышце влечет уменьшение или прекращение подачи в мышцу кислорода. По этой причине большое статическое усилие представляет собою анаэробный процесс. Сильный распад энергетических веществ, не компенсируемый окислительным ресинтезом, быстро приводит к накоплению продуктов этого распада. Вследствие отсутствия кровотока эти продукты не вымываются из мышцы и концентрация их резко возрастает, что выражается в понижении работоспособности мышечной ткани. Сдавливание кровеносных сосудов, или ишемия, сказывается и на состоянии органов чувств двигательного аппарата, в частности такая ише-

мия вызывает болевое ощущение, достигающее иногда настолько значительной силы, что уже одно это заставляет прекратить статическое усилие. Характерно, что с развитием утомления при статической работе изменяется характер биотоков мышц. На электромиограмме заметно увеличение амплитуды колебаний потенциала действия.

При рассмотрении причин утомления при динамической работе необходимо принимать во внимание, какова относительная мощность этой работы. Физиологические механизмы утомления в разных зонах мощностей различны.

При *работе максимальной мощности* утомление наступает быстро – в течение первых 10–20 сек – вследствие двух основных причин. Одна из них заключается в особенностях мышечного химизма. Максимальная мощность характеризуется анаэробностью химических реакций и накоплением продуктов анаэробного распада, что и является важным фактором утомления. Другая причина лежит в нервных центрах. Для того чтобы вызвать мышечные сокращения максимальной силы, амплитуды и частоты, необходимы очень большое возбуждение соответствующих нервных центров, точное взаимодействие между центрами мышц-антагонистов, исключительно частая смена процессов возбуждения и торможения. Все эти процессы не могут долго совершаться на максимальном уровне. В результате управление мышечной деятельностью нарушается, что и вызывает снижение мощности работы мышц.

При *работе субмаксимальной мощности* вступают в действие новые факторы утомления. Вследствие большей ее длительности значительное количество молочной кислоты диффундирует из мышц в кровь, что вызывает ее значительное подкисление. Такая кровь создает неблагоприятные условия для нормальной деятельности нервных центров. Кроме того, при субмаксимальной мощности работы резко повышаются требования к функциям систем дыхания и кровообращения. Недостаточно высокие возможности этих систем могут ограничивать работоспособность организма и вызывать снижение мощности работы.

При *работе большой мощности* недостаточность дыхания и кровообращения может играть еще большую роль в развитии утомления. Сердце, функционирующее на пределе своих возможностей, начинает снижать свою работоспособность, если работа длится многие минуты. Это проявляется главным образом в уменьшении систолического объема, что, в свою очередь, вызывает снижение минутного объема, а следовательно, и уменьшение снабжения, организма кислородом.

Иные факторы утомления могут вступать в действие при очень продолжительной *работе умеренной мощности*. То, что было особенно характерно для работы субмаксимальной и большой мощностей – накопление в крови молочной кислоты, отсутствует при работе умеренной мощности. Однако во время работы умеренной мощности может произойти снижение

уровня сахара в крови, чего не было при других мощностях. Это происходит вследствие относительного истощения углеводных ресурсов печени и мышц. Низкий же уровень сахара в крови – фактор, снижающий работоспособность, в первую очередь работоспособность нервных центров.

Все сказанное выше показывает, как различны могут быть причины утомления при работах разной мощности. Но оно в то же время говорит о том, что в пределах одной и той же зоны относительной мощности причины утомления могут быть одинаковыми для разных форм циклических движений. Например, весьма сходны причины утомления при плавании на 100 м и беге на 400–500 м. Утомление в обоих случаях развивается в течение одного и того же времени, которым характеризуется прохождение дистанции, – около 1 мин. Вместе с тем утомление при работе максимальной мощности почти ничего общего не имеет с утомлением, наступающим вследствие многочасовой работы умеренной мощности.

**Проявления утомления на дистанции.** Для анализа утомления при циклических движениях важно регистрировать его проявления на дистанции, причем не только во время тренировки, но и во время соревнований. Среди способов регистрации проявлений утомления на дистанции есть методы, основанные на сложных измерениях с применением радиотелеметрии, и есть более простые, всем доступные. Последние представляют собой регистрацию изменений скорости передвижения на дистанции и основных величин, от которых зависит скорость. Этими величинами являются частота циклов движений (частота шагов при ходьбе и беге, при беге на коньках и ходьбе на лыжах, частота гребков в плавании и гребле, частота вращения педалей в велоспорте) и длина пути, проходимого за каждый цикл (длина шагов, отрезок пути, проплываемый за один цикл гребков, и т.п.). Для того чтобы измерить все три величины (скорость, длину шагов и их частоту), достаточно определить по секундомеру время прохождения отрезка дистанции и число шагов на этом отрезке.

Практически удобнее всего при регистрации признаков утомления на длинных дистанциях записывать время прохождения каждого круга стадиона или длины бассейна и за это же время подсчитывать число шагов.

Обычно одним из первых признаков начинающегося утомления оказывается уменьшение длины шагов. При этом, однако, скорость не меняется, потому что в такой же мере увеличивается частота шагов. Причина начавшегося уменьшения длины шагов – уменьшение силы мышечных сокращений. При появлении этого первого признака утомления происходит переключение на большую частоту, но меньшую силу мышечных сокращений.

Следующей, часто встречающейся фазой развития утомления, на дистанции является уменьшение длины шагов, но уже не компенсируемое соответствующим увеличением их частоты, в связи с чем скорость передвижения на дистанции начинает снижаться.

При все более развивающемся утомлении уменьшаются оба сомножителя скорости: и длина, и частота шагов. Вследствие этого скорость передвижения резко снижается.

Описанные три случая изменения параметров скорости на дистанции при утомлении отражают различную степень утомления. Самое слабое его проявление – это уменьшение длины шагов при увеличении их частоты и сохранении постоянства скорости. Такая степень утомления названа *фазой компенсированного утомления*. Более глубоким развитием утомления характеризуется *фаза некомпенсированного утомления*, когда уменьшение длины шагов не сопровождается увеличением их частоты. Последняя степень утомления отличается резким снижением скорости, сопровождающимся уменьшением как длины, так и частоты шагов. Эта наиболее глубокая степень утомления (она часто приводит к сходу с дистанции, но у высококвалифицированных спортсменов встречается сравнительно редко) названа *фазой истощения*.

Изменения скорости, частоты и длины шагов и их соотношений могут происходить на дистанции не вследствие утомления, а и по другим причинам (например, в связи с тактикой).

Существуют и другие признаки утомления, развивающегося на дистанции. Они регистрируются более сложным путем. Например, при утомлении обнаруживаются изменения в электромиограмме. Установлено, что во время утомительной работы общая биоэлектрическая активность мышц возрастает. Это выражается в увеличении амплитуды осцилляции на электромиограмме.

Из проявлений вегетативных процессов на дистанции при утомлении наибольший интерес представляет изменение частоты сердечных сокращений. Как было сказано, частота их в известных пределах изменяется примерно пропорционально изменению мощности работы или скорости передвижения на дистанции.

При постоянной скорости постоянна и частота сокращений сердца. Но при наступлении утомления, даже если скорость сохраняется неизменной, частота сокращений сердца иногда возрастает (не во всех случаях). Часто происходит повышение частоты дыханий, сопровождающее увеличение легочной вентиляции.

**Утомление и выносливость.** С понятием утомление тесно связано понятие выносливость. Это одна из форм работоспособности, а именно способность к длительному совершению работы. Главным препятствием к выполнению такой работы является возникающее в процессе нее утомление. Поэтому выносливость следует рассматривать как способность преодолевать это препятствие, отодвигать момент наступления утомления, продолжать работу несмотря на наступившее утомление.

Поскольку физиологические причины утомления при разных видах или мощностях работы различны, постольку различны и физиологические

механизмы выносливости. Например, факторы, определяющие выносливость в беге на 400 м, резко отличаются от факторов, определяющих выносливость в марафонском беге. В первом случае это может быть способность совершать работу, несмотря на резкое увеличение кислородной задолженности, накопление в организме продуктов анаэробного распада, изменения в химизме крови, во втором – способность поддерживать на высоком уровне аэробные процессы, обеспечиваемые усиленной легочной вентиляцией и большой величиной минутного объема крови, а также сохранять нормальный уровень сахара в крови или, если он все-таки снизился (вследствие уменьшения углеводных резервов), продолжать работу, несмотря на возникшую гипогликемию.

Главным условием развития выносливости является работа до утомления. Если человек всегда прекращает работу еще до того, как возникло утомление, то выносливым он не станет. Кроме того, важно учитывать, что выносливость в известной мере специфична: выносливость в беге на 400 м развивается в упражнениях именно в беге на эту или близкие к ней дистанции, но не на сверхдлинные дистанции; в то же время выносливость марафонца развивается с помощью бега на длинные и сверхдлинные дистанции.

## Отдых

**Восстановление.** *Отдых* – это состояние организма, наступающее после работы. Во время отдыха организм переходит от состояния работы к состоянию покоя. Такой переход различных физиологических функций называется *восстановлением* (например, восстановление дыхания, пульса), а продолжительность восстановления – *восстановительным периодом*. Процесс восстановления характеризуется в большинстве случаев определенным ходом кривой. В этой кривой выделяют две ее части. Первая характеризуется быстрым спадом, вторая – медленным, постепенным возвращением к уровню покоя.

Не всегда переходный процесс от уровня работы к уровню покоя подчиняется указанной закономерности. Бывает, что начальная часть кривой вместо крутого спада представляет собой более постепенный, пологий спуск. Обычно это связано с недостаточной тренированностью организма.

После кратковременных больших напряжений часто наблюдается понижение кривой восстановления ниже исходного уровня с последующим ее подъемом до этого уровня или даже несколько выше. Такое «западение» кривой восстановления называется отрицательной фазой. Она особенно часто наблюдается на кривой восстановления пульса. Отрицательная фаза пульса встречается как у тренированных, так и у нетренированных. Она слабо выражена при легкой работе, вызывающей незначительное учащение пульса, и больше заметна, если работа вызвала сильное учащение пульса. Поэтому при одинаковой по интенсивности и продолжительности работе

отрицательная фаза пульса может быть выраженное у менее тренированных лиц. После длительной работы отрицательная фаза встречается редко.

Продолжительность восстановительного периода связана с величиной изменения физиологического процесса, вызванного работой, – величиной так называемого «рабочего сдвига», который, в свою очередь, зависит от относительной мощности работы. Поэтому время восстановления тем больше, чем выше мощность работы. Но, кроме того, восстановительный период связан также с продолжительностью работы: при одинаковой мощности продолжительная работа характеризуется более длительным восстановительным периодом, чем кратковременная. Если и мощность, и длительность работы одинаковы, то продолжительность восстановительного периода может служить показателем тренированности. В этих одинаковых условиях у хорошо тренированных спортсменов восстановительный период короче, чем у плохо тренированных.

Восстановительный период разных физиологических процессов не одинаков. Например, после бега на средние дистанции прежде всего восстанавливается частота дыхания, позже – частота пульса. Изменения в биохимии крови заканчиваются раньше, чем изменение количества лейкоцитов. Поэтому восстановление отдельно взятого показателя какой-либо физиологической функции еще не означает восстановления в целом. Полное восстановление отдельных функций не означает еще восстановления работоспособности всего организма.

Восстановление работоспособности организма определяют по главному ее показателю – максимальной (предельной) величине выполненной работы. Для этого обычно предлагают совершать работу определенной мощности «до отказа», т.е. до того момента, когда вследствие наступившего утомления продолжение работы с той же мощностью становится невозможным. О работоспособности можно судить также по спортивному результату в тех видах спорта, где он измеряется в точных мерах пространства, времени, силы.

**Изменения работоспособности во время отдыха.** Изменение работоспособности на протяжении восстановления после утомительной работы делится на периоды.

В начале восстановления работоспособность организма еще мала и повторное выполнение прежней работы в том же объеме невозможно. По мере того, как утомление проходит, работоспособность восстанавливается и достигает прежнего уровня, бывшего до наступления утомления. Период от конца работы до полного восстановления работоспособности называется *периодом пониженной работоспособности*.

По окончании периода восстановления работоспособность не удерживается на достигнутом уровне, а продолжает увеличиваться. Достигнув какого-то повышенного уровня, она удерживается на нем некоторое время, после чего, постепенно снижаясь, снова достигает исходного уровня. Время, в течение которого работоспособность оказывается выше исходного

уровня, характеризует период повышенной работоспособности. В этот период организм в состоянии произвести большую работу, чем до наступления утомления. Лишь по завершении периода повышенной работоспособности процесс восстановления полностью заканчивается. Одновременно заканчивается отдых организма.

Чрезмерное продолжение состояния покоя вызывает в организме изменения, которые приводят к вторичному снижению работоспособности. Состояние полной длительной неподвижности называется акинезией, а уменьшенной подвижности – гипокинезией.

Гипокинезия вызывает уменьшение силы и толщины мышц (что связано с ухудшением их кровоснабжения и питания), т. атрофию мышц. Большие изменения происходят и в других органах – уменьшаются размеры сердца и жизненная емкость легких, увеличиваются частота сокращений сердца и дыханий.

Наиболее заметны последствия длительной гипокинезии при первой попытке совершить работу. Даже незначительное усилие переносится организмом с трудом, воспринимается как весьма большое. Незначительная работа вызывает большие сдвиги в дыхании и кровообращении (одышка, сильные сердцебиения), и восстановление после такой работы надолго затягивается.

Все это свидетельствует о том, что отдых имеет свои границы. В определенных пределах он оказывает положительное влияние, способствует ликвидации утомления и повышению работоспособности. За этими границами чрезмерно длительное состояние покоя, неподвижности воздействует на организм уже отрицательно, снижая его работоспособность.

Описанный ход кривой работоспособности после работы подсказывает наиболее желательный период отдыха, после которого целесообразно вновь совершать работу. Очевидно, таким периодом является период повышенной работоспособности. Систематические интенсивные тренировки, выступления на соревнованиях в период повышенной работоспособности наиболее эффективны, в частности приводят к росту тренированности организма.

Между тем повторные большие напряжения, спортивные выступления в начальный период восстановления, когда работоспособность вследствие утомления еще понижена, не только снижают спортивный результат, но могут вызвать переутомление организма, состояние перетренированности.

Имеются сведения, что иногда положительный эффект дают выступления на фоне еще не окончившегося восстановления работоспособности. Но и здесь очень частое использование этого приема может быть чревато перетренировкой. С другой стороны, слишком большой перерыв между тренировками и соревнованиями невыгоден, потому что продолжительность покоя, перешедшая границы отдыха, приводит к снижению работоспособности.

**Активный отдых.** Активным называется отдых, заполненный другой деятельностью. Понятие об активном отдыхе возникло из следующих

опытов, которые были поставлены И.М. Сеченовым (1903 г.). В одной серии опытов рука (например, правая) совершала движения, которые записывались на эргографе. Через некоторое время, когда возникала усталость и амплитуда движений снижалась, делался перерыв, после чего работа совершалась вновь. По амплитуде движений можно было судить о том, как восстанавливалась работоспособность после пассивного отдыха. В другой серии опытов во время отдыха работу производила другая, до этого не работавшая рука (т.е. отдых был активным). Оказалось, что при активном отдыхе работоспособность восстанавливалась лучше, чем после пассивного отдыха. И.М. Сеченов объяснял это тем, что афферентные импульсы, поступающие во время отдыха от других работающих мышц, способствуют лучшему восстановлению работоспособности нервных центров, как бы «заряжая их энергией». Такой же эффект он получал, раздражая иные рецепторы, например расположенные в коже. Эти опыты объясняют бодрящее действие Холодовых раздражений кожи в паузах между раундами, благоприятное влияние физкультурных пауз на производстве и т.п.

Опыты И.М. Сеченова дают физиологическое объяснение эффективности переключения с одного вида деятельности на другой (например, с умственного труда на физический).

Вместе с тем исследования показали, что положительное влияние активный отдых оказывает на работоспособность не при всех условиях. Если, например, в качестве активного отдыха применяется очень интенсивная работа, то работоспособность может не только не возрасти, но даже понизиться. Иногда целесообразно во время отдыха задавать работу не другим мышцам, а тем же самым, но только резко снизив ее интенсивность. Оказалось, например, что в паузах между бегом работа рук дает меньший эффект, чем ходьба.

**Физиологическая эффективность школьного урока физической культуры.** Одним из важных условий достижения положительного физиологического эффекта на уроке физической культуры является постепенность увеличения нагрузки. В вводной части урока следует применять простые по координации и легкие по степени физиологического воздействия упражнения, затем увеличивать их сложность и величину нагрузки. В основной части урока нагрузка должна повышаться до уровня, соответствующего возрасту и физической подготовленности детей. В заключительной части урока нагрузку надо снижать, с тем чтобы активизировать восстановительные процессы и обеспечить постепенный переход от активной деятельности к относительно мышечному покою на общеобразовательных уроках.

При делении урока на вводную, основную и заключительную части следует учитывать как его методические основы, так и особенности вработывания у школьников. У детей школьного возраста быстрее, чем у взрослых, происходит мобилизация физиологических функций. Быстрому вхождению детского организма в работу способствует меньшая, чем у взрослых, инертность сердечно-сосудистой и дыхательной систем. На

школьном уроке физической культуры не применяются максимальные физические нагрузки. Поэтому и нет необходимости в подготовке учеников к ним, т.е. в специальной разминке с достижением максимальной интенсификации физиологических функций. Однако если на уроке предполагается выполнение контрольных нормативов, то необходимо проводить разминку, характерную для тренировочных занятий.

При оценке степени воздействия физической нагрузки на организм школьника учитель, как правило, вынужден полагаться на видимые показатели утомления: понижение внимания, расстройство координации, вялость движений, нежелание заниматься, неточность выполнения команд и распрямлений. При утомлении падает максимальное и повышается минимальное АД, неадекватно нагрузке увеличивается ЧСС, ухудшается самочувствие.

При большой информативной ценности ЧСС как показателя функционального состояния организма следует помнить, что он не всегда отражает степень воздействия упражнения. Например, работа статического характера, предъявляющая высокие требования к сердечно-сосудистой системе, сопровождается небольшим увеличением ЧСС. В то же время ЧСС может значительно возрасти при эмоциональных напряжениях, даже если они не связаны с физической нагрузкой.

В пубертатном периоде особого внимания требуют девочки-подростки. Чрезмерные физические нагрузки могут привести у них к различным расстройствам овариально-менструального цикла. С началом менструации у девочек падает работоспособность, ухудшаются настроение и самочувствие. Поэтому даже при отсутствии у них объективных признаков снижения функциональных показателей следует ограничивать нагрузки, требующие проявления выносливости и специальных физических качеств в сложнотехнических и игровых видах спорта. Учитель может правильно оценить влияние физических упражнений на организм только совместно с врачом в ходе специально организованного врачебно-педагогического обследования.

Физиологическое воздействие урока в значительной степени определяется его моторной (двигательной) плотностью. Повышение моторной плотности урока увеличивает его эффективность в развитии физических качеств. Моторная плотность урока повышается при сокращении интервалов отдыха между упражнениями. При разучивании новых движений паузы должны быть такими, чтобы сохранилась оптимальная возбудимость корковых проекций двигательного анализатора, так как на фоне возбуждения в ЦНС освоение движений происходит быстрее. Для повышения эффективности упражнений, направленных на воспитание быстроты, интервалы отдыха должны быть полными, т.е. достаточными для восстановления, при котором можно выполнить последующее упражнение с максимальным эффектом. При выполнении упражнений, направленных на воспитание выносливости, паузы отдыха, наоборот, сокращаются, чтобы последующие упражнения выполнялись на фоне неполного восстановления.

**ТРЕНИРОВКА КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС**

Под *тренировкой* в физиологии понимается процесс, который происходит в организме под влиянием систематической мышечной деятельности и обеспечивает повышение его работоспособности. Состояние организма спортсмена, изменяющееся под влиянием тренировки, называется *тренированностью*. Основное отличие тренированного организма от нетренированного – в работоспособности: тренированный способен выполнять больший объем работы, чем нетренированный.

С понятием тренировки как физиологическим процессом тесно связано понятие тренировки как процесса педагогического. Он состоит из системы занятий, уроков, проводимых педагогом, направленных на повышение тренированности и на улучшение спортивных результатов.

Физиологические изменения, характеризующие процесс тренировки, происходят в различных органах и сказываются как на строении, так и на их функциях. Например, под влиянием тренировки могут изменяться телосложение человека, увеличиваться размеры его сердца, мышц, возрастая сила и быстрота мышечных сокращений, может совершенствоваться управление движениями и нервная регуляция взаимосвязи различных физиологических процессов при мышечной деятельности.

В зависимости от характера педагогического процесса, от того, какие именно физические упражнения выполняет спортсмен на тренировочных занятиях, возможно преимущественное развитие тех или иных физиологических функций. Например, в тренировке тяжелоатлетов основные физиологические изменения происходят в мышечной системе и в нервных механизмах, лежащих в основе управления силой и быстротой мышечных сокращений. В тренировке бегуна наряду с развитием двигательной функции нижних конечностей большое значение имеет развитие дыхания и кровообращения. В тренировке баскетболиста, помимо развития функций' дыхания, кровообращения, движения, важную роль играет совершенствование нервно-психических процессов, с чем связана молниеносность действий, правильность и быстрота решения внезапно возникающих в процессе игры сложных двигательных задач. Эти примеры свидетельствуют о том, что процесс тренировки, происходящий в организме, это очень многогранный процесс и что от педагога зависит, в какую сторону его направить, какие физиологические функции преимущественно развивать.

Исследования и современный опыт показали, что путем только одностороннего воздействия нельзя обеспечить высокий уровень развития одной какой-либо физиологической функции. Физиологические системы настолько тесно связаны друг с другом, что только при высоком уровне развития всех этих систем возможно исключительно высокое развитие ка-

кой-либо из них. Если же устремлять внимание на совершенствование только одной функции, пренебрегая остальными, то и эта одна функция не станет достаточно развитой. Поэтому процесс тренировки обычно предусматривает гармоническое развитие различных физиологических функций, на фоне которого возможно усиленное совершенствование отдельных физиологических процессов.

Для изучения изменений, происходящих в различных органах в процессе тренировки, физиологи проводят обследования, исследуют спортсмена при трех различных состояниях его организма.

Первое – это состояние покоя, в котором находятся тренированные и нетренированные лица в момент исследования.

Второе – состояние организма во время работы. Исследования производятся во время работы или после ее окончания. При этом как тренированные, так и нетренированные лица совершают одинаковую работу. Такая одинаковая работа носит название стандартная нагрузка. Она должна быть стандартна по форме, мощности выполняемой работы, по длительности ее выполнения.

Третье – это тоже состояние работы. Но оно отличается от второго тем, что выполняемая работа не является стандартной. Она должна быть одинаковой по форме, но может быть в зависимости от тренированности различной по мощности или длительности. При этом исследовании спортсмен должен работать в полную силу, до предела своих возможностей, как в условиях спортивного соревнования. Такой способ исследования называют обычно методом предельных нагрузок.

### **Проявление тренированности при состоянии покоя**

**Морфологическая перестройка органов.** Систематическая тренировка приводит к изменению строения органа. Биологами уже давно установлено, что деятельность, функция органа накладывает отпечаток на его строение. «Работа строит орган» – так принято кратко характеризовать это важное биологическое положение. Морфологические изменения в результате тренировки можно наблюдать в различных органах.

Влияние работы проявляется в изменениях строения костей. У спортсменов отмечают утолщения в тех участках костей, к которым прикрепляются своими сухожилиями мышцы, развивающие особенно большое усилие. У лиц, не занятых систематическим физическим трудом, эти утолщения менее выражены.

Наиболее заметно влияние тренировки на мышцы. Даже внешнее наблюдение за телосложением, например, тяжелоатлета позволяет увидеть, насколько утолщены его мышцы по сравнению с мышцами нетренированного человека. Увеличение размеров какого-нибудь органа носит название гипертрофия. Этот термин хорошо поясняет причину увеличения размеров

органа: следствие усиленного обмена веществ. Принято также говорить о рабочей гипертрофии органа, т.е. о гипертрофии, вызванной усиленной работой (в отличие от патологической гипертрофии, вызванной болезненным процессом). Гипертрофия мышц – это разрастание мышечных волокон, увеличение количества саркоплазмы и сократительных элементов. Высказано предположение, что тренировка может приводить к расщеплению мышечных волокон и тем самым к увеличению их числа. Утолщение мышц особенно выражено при тренировке на силу, т.е. в тех случаях, когда мышцам приходится развивать большое напряжение, преодолевая при этом значительные внешние сопротивления. Если же работа мышц сводится преимущественно к быстрым размашистым движениям при малом внешнем сопротивлении, то разрастание мышечной ткани бывает менее значительным. В результате тренировки в мышцах происходит разрастание также ее соединительнотканых элементов – сарколеммы, перимизия, т.е. оболочек волокон и отдельных мышц. Благодаря этому повышается твердость мышц, улучшаются их упругие свойства, что необходимо для осуществления больших силовых напряжений.

Увеличиваются в размерах не только скелетные мышцы, но и мышцы сердца. Гипертрофия сердечной мышцы приводит к увеличению силы ее сокращения, благодаря чему во время работы может увеличиваться систолический объем крови. Особенно бывает выражена гипертрофия сердца у представителей «стайерских» видов спорта, при занятиях которыми сердце совершает особенно большую работу, например у бегунов-марафонцев, лыжников, велосипедистов. Морфологическая перестройка сердца не ограничивается разрастанием сердечной мышцы, утолщением стенок желудочков и предсердий. Отмечается увеличение диаметров отверстий сердца, емкости коронарных сосудов.

Происходит перестройка дыхательной системы под влиянием тренировки, что наиболее ярко проявляется в увеличении окружности грудной клетки и в особенности в разнице между окружностью ее при вдохе и выдохе. Это свидетельствует об улучшении подвижности ребер. Возрастает сила дыхательных мышц, быстрота и амплитуда их сокращений. Наиболее выражено увеличение жизненной емкости легких, особенно у представителей тех видов спорта, где необходимы глубокие дыхательные движения, например у пловцов. Как показали исследования, тренировка, связанная с усиленным дыханием, приводит к некоторому расширению бронхов, благодаря чему уменьшается сопротивление движению воздуха при большой вентиляции легких (увеличение бронхиальной проходимости).

**Увеличение энергетических ресурсов.** Увеличение размеров мышц связано главным образом с увеличением их белковой массы. Поскольку белок имеет не только пластическое, строительное, но и энергетическое значение, увеличение размеров органа за счет разрастания его белковой массы способствует увеличению и его энергетических ресурсов.

Особенно большое влияние тренировка оказывает на накопление углеводов запасов в организме.

В результате тренировки возрастает количество миоглобина в мышцах. Это способствует увеличению потребления кислорода

Установлено, что в тренированных мышцах повышена активность ферментов, обеспечивающих ускорение аэробных и анаэробных реакций. Возрастает содержание миозина, который обладает не только сократительными свойствами, но и свойствами фермента, участвующего в расщеплении АТФ. В мышцах увеличивается активность фосфофосфатазы, т. е. ферментов, обеспечивающих расщепление фосфорсодержащих соединений, играющих ведущую роль в анаэробных процессах. Усиление активности ферментов, обеспечивающих анаэробные реакции, больше выражено в мышцах, выполняющих кратковременную силовую работу, а ферментов, обеспечивающих повышенное потребление кислорода, – в тех мышцах, которым приходится производить особенно длительную работу.

**Экономизация.** Тренированный организм расходует, находясь в покое, меньше энергии, чем нетренированный. Как показали исследования основного обмена, в состоянии покоя, утром, натощак, в дни, которым не предшествовали дни соревнований и усиленных тренировок, общий расход энергии у тренированного организма ниже, чем у нетренированного, на 10% и даже 15%. Понижение энергетических затрат при тренировке связано с соответствующим уменьшением количества потребляемого кислорода, вентиляции легких. Все это обусловлено отчасти тем, что тренированные лица лучше расслабляют свои мышцы, чем нетренированные. Дополнительное же напряжение мышц всегда связано с дополнительными энергетическими затратами. Кроме того, у тренированных отмечается в состоянии покоя несколько более пониженная возбудимость нервной системы по сравнению с нетренированными. Наряду с этим у них хорошая уравновешенность процессов возбуждения и торможения.

Все эти изменения свидетельствуют о том, что тренированный организм очень экономно расходует энергию в покое, в процессе глубокого отдыха совершается перестройка его функций, происходит накопление энергии для предстоящей интенсивной деятельности.

**Замедленная работа органов дыхания и кровообращения.** Выше уже отмечалось, что в состоянии покоя у тренированных вентиляция легких меньше, чем у нетренированных. Это связано главным образом с малой частотой дыхательных движений, т.е. с их замедлением. Глубина же отдельных дыханий изменяется незначительно, а подчас даже несколько увеличивается.

Примерно такая же картина наблюдается и в работе сердца. Относительно низкий уровень минутного объема крови в состоянии покоя у тренированного по сравнению с нетренированным обусловлен главным образом небольшой частотой сердечных сокращений. Редкий пульс (брадикардия) –

один из основных физиологических спутников тренированности. У тренированных спортсменов, в особенности у специализирующихся в стайерских дистанциях, частота сердечных сокращений в покое особенно мала – 40 ударов в 1 мин. и меньше. Это почти никогда не наблюдается у неспортсменов. Для них наиболее типичная частота пульса – около 70 ударов в 1 мин.

Замедленная работа органов дыхания и кровообращения относится также к явлению экономизации физиологических функций, развивающихся в процессе тренировки.

Таковы основные результаты изучения влияния тренировки на организм, основанного на сопоставлении тренированного и нетренированного организмов, находящихся в состоянии покоя. Тренировка накладывает глубокий отпечаток на организм, вызывая в нем как морфологические, так и физиологические и биохимические перестройки. Все они направлены на обеспечение высокой дееспособности организма при выполнении им работы. Поэтому для понимания влияния тренировки на организм необходимо изучать физиологические процессы не только в состоянии покоя, но и во время работы.

### **Проявление тренированности при стандартной работе**

*Стандартная работа, или функциональная проба*, – это выполняемая различными лицами с целью определения их тренированности работа, доступная каждому и одинаковая для всех по форме совершаемого движения, по мощности, длительности и ритму, иначе говоря, стандартная по объему и характеру. Такая стандартность необходима потому, что величины происходящих во время работы физиологических изменений зависят главным образом от нее самой. Степень физиологических изменений, как правило, возрастает с увеличением длительности, мощности работы, темпа и трудности ее выполнения.

Различия в физиологических изменениях, зависящие от различий выполняемой работы, могут оказаться большими, чем влияние тренированности, и поэтому сравнивать физиологические реакции тренированных и нетренированных, если они выполняют разную работу, нельзя. Следовательно, для характеристики тренированности необходимо, чтобы все условия выполнения работы были строго постоянными, максимально стандартными.

Применяются различные функциональные пробы: определенное число приседаний, совершаемых в заданном темпе (например, 20 приседаний за 30 сек), или подскоки в заданном ритме (например, 60 подскоков в 1 мин), или бег на месте с высоким подниманием бедра. Все эти пробы сравнительно просты, но не очень стандартны. Так, при беге на месте мощность работы зависит от высоты подъема бедра, при подскоках – от высоты подскока, при приседаниях – от глубины приседа и т. п. Более стандартной является работа

на велоэргометре с задаваемыми частотой и сопротивлением вращению педалей. В настоящее время имеются велоэргометры с программным устройством, позволяющим задавать определенную мощность работы. Как только происходит нарушение заданного темпа движений, автоматически изменяется сопротивление, и таким путем выравнивается мощность работы. Большой стандартностью характеризуется подъем по лестнице в заданном темпе или по эскалатору. Хорошо воспроизводит требуемую мощность работы ходьба или бег на тредбане, запускаемом с нужной скоростью. Во всех этих случаях задается строго постоянная продолжительность работы.

В условиях стандартной работы проводились многочисленные исследования самых различных физиологических функций: кровообращения, дыхания, состояния мышц и нервной системы, сдвиги в химизме крови и мочи и многое другое. Опыты показали, что применение стандартной нагрузки дает весьма четкие и однородные результаты. При сравнении реакции на стандартную работу более и менее тренированных лиц различия выступали настолько явно, что этот метод стал основным методом характеристики тренированности спортсменов во врачебно-контрольной практике.

Обнаружилось, что при одной и той же работе тренированные спортсмены расходуют меньше энергии, чем нетренированные. У первых меньше величина кислородного запроса, меньше размер кислородной задолженности, но относительно большая доля кислорода потребляется во время работы. Следовательно, одна и та же работа происходит у тренированных с большей долей участия аэробных процессов, а у нетренированных анаэробных. Вместе с тем во время работы у тренированных ниже, чем у нетренированных, показатели потребления кислорода, вентиляция легких, учащение дыхания. Однако при относительно редком дыхании глубина его может быть значительной.

Аналогичные изменения наблюдаются в деятельности сердечно-сосудистой системы. Минутный объем крови, частота сердечных сокращений, систолическое кровяное давление повышаются во время стандартной работы в меньшей степени у более тренированных. Изменения в химизме крови и мочи, вызванные стандартной работой, у более тренированных, как правило, выражены слабее по сравнению с менее тренированными. У первых работа вызывает меньшее нагревание организма и потоотделение, чем у вторых.

Характерны различия в показателях работы самих мышц. Электромиографические исследования позволили обнаружить, что электрическая активность мышц у тренированных повышена не так сильно, как у нетренированных. Электрическая активность мышц у первых менее продолжительна, она концентрируется к моменту наибольших усилий, падая подчас до нуля в периоды расслабления. Показатели возбудимости мышц и нервной системы, изменения, наблюдаемые в функциях различных анализаторов – все это особенно выражено у менее тренированных.

Результаты всех этих исследований позволяют сделать два важных вывода относительно влияния тренировки. Первый вывод заключается в том, что тренированный организм выполняет стандартную работу более экономно, чем нетренированный. Тренировка обуславливает такие приспособительные изменения в организме, которые вызывают экономизацию всех физиологических функций. Бурная реакция организма на работу у нетренированного человека проявляется в неэкономном расходовании сил и энергии, чрезмерном функционировании различных физиологических систем, их малой взаимной отрегулированности. В процессе тренировки организм приобретает способность реагировать на ту же работу умереннее, его физиологические системы начинают действовать более согласованно, координированно, силы расходуются экономнее.

Второй вывод состоит в том, что одна и та же работа по мере развития тренированности становится менее утомительной. Для нетренированного стандартная работа может оказаться относительно трудной, будет выполняться им с напряжением, характерным для тяжелой работы, и вызовет утомление, тогда как для тренированного та же нагрузка будет относительно более легкой, потребует меньшего напряжения и не вызовет большого утомления.

Эти два взаимосвязанных результата тренировки – возрастающая экономичность и уменьшающаяся утомительность работы – отражают ее физиологическое значение для организма. Явление экономизации обнаружилось, как было показано выше, уже при исследовании организма в состоянии покоя. Исследования же во время работы позволили увидеть также те физиологические процессы, которые обуславливают благоприятные реакции организма на работу вследствие тренировки, уменьшают степень трудности и утомительности работы.

Аналогичные выводы можно сделать и в результате исследований физиологических функций не во время, а после стандартной работы. Процесс восстановления после работы протекает у тренированных и у нетренированных по-разному. Как правило, процессы восстановления после стандартной работы у тренированных заканчиваются раньше, чем у нетренированных. Восстановительные процессы, следовательно, протекают у первых быстрее. Ход кривой восстановления какой-либо функции сразу после работы характеризуется у тренированных более крутым спадом, в то время как у нетренированных – более пологим.

Различия в процессах восстановления после стандартной работы подтверждают сказанное выше по поводу различий, регистрируемых во время стандартной работы и сразу после нее, т.е. то, что эта работа требует от более тренированного меньших усилий, являясь для него относительно более легкой. На отдых после такой работы ему требуется меньше времени, чем менее тренированному, что свидетельствует о меньшей утомительности для него данной работы.

## Проявление тренированности при предельной работе

Все описанные выше проявления тренированности относятся только к стандартной работе. Между тем работа, выполняемая на тренировках и в особенности на соревнованиях, не бывает стандартной. Как правило, хорошо тренированный спортсмен совершает на тренировках больший объем работы и с большей интенсивностью, чем нетренированный. На соревнованиях же каждый стремится достичь максимально возможной для него интенсивности работы. Стандартной может быть дистанция, однако скорость ее преодоления далеко не одинакова. Более тренированный спортсмен пройдет эту дистанцию быстрее менее тренированного, и, следовательно, мощность произведенной им работы больше, чем у менее тренированного, а продолжительность меньше. Иначе говоря, на соревнованиях спортсмен стремится реализовать все свои возможности и работает на пределе этих возможностей. Естествен поэтому интерес физиологов к предельной спортивной работе, к изучению физиологических изменений при такой работе. Физиологические исследования, проводимые при работе, совершаемой на пределе функциональных возможностей организма, могут дать представление о его физиологических возможностях.

Применяется три варианта исследований при предельной работе. Один вариант состоит в регистрации физиологических изменений во время выполнения спортивного упражнения в условиях соревнований или близких к ним. Испытуемому предлагают преодолеть дистанцию с максимальной возможной для него скоростью, т. е. так, как если бы перед ним была поставлена задача показать свой наилучший спортивный результат. Исследование физиологических функций производится во время этой работы, или сразу после нее, или на протяжении всего последующего восстановительного периода.

Другой вариант представляет собою лабораторную работу в виде бега на месте, или работу на велоэргометре, или бег на тредбане. Вначале испытуемый выполняет обычную для него перед предстоящим интенсивным спортивным напряжением разминку, затем совершает работу, постепенно усиливая ее мощность. Это усиление определенным образом регулируется с целью максимальной мобилизации всех функций организма, обеспечивающих предельную работу. К концу такого усиления испытуемый уже работает в полную силу своих возможностей. По классификации зон относительной мощности такая предельная работа относится обычно к зоне субмаксимальной мощности. В это время и производят необходимые физиологические замеры, которые характеризуют предельную мобилизацию физиологических возможностей организма спортсмена.

Третий вариант заключается в том, что испытуемый совершает работу, строго стандартную по мощности. Однако продолжительность работы не ограничивается. Она производится до тех пор, пока испытуемый может

поддерживать заданную мощность (заданное число оборотов педалей, темп бега при определенной высоте подъема бедра, скорость бега или плавания за лидером). Работа прекращается в тот момент, когда ее мощность или скорость передвижения начинают неотвратно падать и испытуемый даже при всем напряжении своих сил вынужден отказаться от дальнейшего выполнения работы в данных условиях. Иначе говоря, с целью характеристики тренированности исследуется выполнение работы «до отказа».

Результаты исследований при предельной работе спортсмена резко отличаются от тех, которые были получены при изучении стандартной работы. Различия между тренированными и нетренированными сводились при стандартной работе в основном к тому, что физиологические сдвиги у первых оказывались меньшими, чем у вторых. При предельной же работе отмечалось обратное: у тренированных во многих физиологических показателях были большие сдвиги, чем у нетренированных.

Это выражается прежде всего в том, что тренированный расходует при предельной работе больше энергии, чем нетренированный. Объясняется это тем, что сама работа, произведенная тренированным, превышает величину работы, которую может выполнить нетренированный, при этом первый способен совершать работу экономнее, чем второй. Экономизация проявляется в несколько меньшем расходе энергии на единицу работы, однако весь объем работы у тренированного при предельной работе настолько велик, что общая величина затраченной энергии оказывается очень большой.

Преобладание расхода энергии у тренированных особенно заметно в тех случаях, когда выполняемая работа не отличается сложностью. Вращение педалей велоэргометра сопровождается почти одинаковым расходом энергии у мастера спорта и спортсмена третьего разряда. Между тем различия в количестве работы, которую может выполнить на велоэргометре мастер или новичок, очень велики, что и определяет различия в величинах энергетических трат.

Весьма тесно связаны с тренированностью спортсмена показатели максимального потребления кислорода. Чем тренированнее спортсмен, тем большее количество кислорода он в состоянии потребить во время предельной работы. Самые высокие величины (5,5–6,5 л/мин, или 80–90 мл/кг) зарегистрированы у представителей циклических видов спорта – мастеров международного класса, находящихся в момент исследования в состоянии наилучшей спортивной формы. Несколько меньшие цифры – около 4,5–5,5 л/мин, или 70–80 мл/кг, – отмечаются у менее подготовленных мастеров спорта и некоторых перворазрядников. У спортсменов второго и в особенности третьего разряда величина максимального потребления кислорода достигает приблизительно 60–70 мл/кг. Показатель ниже 3 л/мин, или 50 мл/кг, характеризует низкий уровень тренированности.

Такая тесная связь между максимальным потреблением кислорода и тренированностью наблюдается главным образом в тех видах спорта, которые предъявляют значительные требования к снабжению мышц кислородом и характеризуются высоким уровнем аэробных реакций. Иначе говоря, это относится к спортсменам, специализирующимся в работе умеренной или большой и отчасти субмаксимальной мощности. Для специализирующихся в работе максимальной мощности связь между тренированностью и максимальным потреблением кислорода очень мала. Зато для них более характерна связь между тренированностью и максимальным кислородным долгом, отражающим возможный объем анаэробных процессов в организме. У таких спортсменов (например, бегунов на короткие и средние дистанции) максимальный кислородный долг может достигать 25 л, если это спортсмены очень высокого класса. У менее тренированных спортсменов максимальный кислородный долг не превышает 10–15 л.

Большая величина максимального потребления кислорода у высоко-тренированных спортсменов тесно связана с большими величинами объема дыхания и кровообращения. Максимальное потребление кислорода, равное 5–6 л/мин, сопровождается легочной вентиляцией, достигающей 200 л в 1 мин., при частоте дыхания, превышающей 60 в 1 мин, и глубине каждого дыхания, равной более 3 л. Иначе говоря, максимальное потребление кислорода сопровождается максимальной интенсивностью легочного дыхания, которое у высокотренированных спортсменов достигает значительно больших величин, чем у малотренированных. Соответственно этому максимальных величин достигает минутный объем крови. Для того чтобы транспортировать от легких в мышцы 5–6 л кислорода в 1 мин, сердце должно перекачивать в каждую минуту около 35 л крови. Частота сердечных сокращений при этом составляет 180–190 в 1 мин, а систолический объем крови может превышать 170 мл. Естественно, что столь резко возрастающая скорость кровотока сопровождается высоким подъемом артериального давления, достигающим 200–250 мм рт. ст.

Если выполняемая предельная работа характеризуется высокой интенсивностью анаэробных реакций, то она сопровождается накоплением продуктов анаэробного распада. Оно больше у тренированных спортсменов, чем у нетренированных. Например, концентрация молочной кислоты в крови при предельной работе может достигать у тренированных спортсменов до 250–300 мг% – величины, никогда не встречающейся у нетренированных. Соответственно этому общие биохимические сдвиги в крови у тренированных спортсменов при предельной работе могут быть значительно большими, чем у нетренированных. Большими оказываются у тренированных после предельной работы изменения в моче по сравнению с нетренированными.

Физиологические изменения, связанные с состоянием утомления, могут быть выражены после предельной работы больше у тренированных, чем у нетренированных.

Например, понижение уровня сахара в крови, являющееся одним из основных признаков утомления, наиболее выражено при очень длительной работе у хорошо тренированных спортсменов. Даже при величине содержания сахара в крови ниже 50 мг% тренированный марафонец еще долго способен сохранять высокий темп бега, в то время как нетренированный при таком низком содержании сахара в крови вынужден был бы из-за сильного утомления сойти с дистанции.

По продолжительности и общему объему восстановительных процессов после предельных спортивных напряжений различия между тренированными и нетренированными подчас совсем иные, чем те, которые наблюдались после стандартной работы. Выше уже говорилось о том, что у тренированных после предельной работы величина кислородного долга больше, чем у нетренированных. Соответственно этому восстановление по химическим изменениям в крови, по частоте пульса и пр. у тренированных продолжается дольше, чем у нетренированных. Правда, надо отметить, что крутизна начального спада кривой восстановления у тренированных может быть больше, чем у нетренированных.

Сравнение описанных выше физиологических изменений во время и после предельной работы у более и менее тренированных и спортсменов показывает различия в функциональных возможностях организма. Высокие показатели дыхания и кровообращения свидетельствуют о больших функциональных возможностях дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Значительные изменения в химизме крови во время работы говорят о том, что центральная нервная система тренированного организма обладает устойчивостью к действию резко измененного состава внутренней среды. Организм высокоотренированного спортсмена обладает повышенной сопротивляемостью к действию факторов утомления, иначе говоря, большой выносливостью. Он сохраняет работоспособность при таких условиях, при которых нетренированный организм вынужден прекратить работу.

**Генетические предпосылки тренируемости.** Способность к прогрессивному изменению функциональных свойств систем и органов в процессе тренировки – *тренируемость* имеет врожденные, генетические предпосылки. К ним следует отнести соотношение быстрых и медленных волокон в скелетных мышцах, уровень МПК, сердечный ритм и АД в условиях покоя, устойчивость к гипоксии и др. Генетические задатки определяют темпы адаптации к физическим нагрузкам на выносливость (например, медленное нарастание с высоким конечным эффектом), к скоростным и скоростно-силовым нагрузкам (например, быстрое нарастание скоростно-силовых качеств и достижение высоких конечных значений). При плохой тренируемости, несмотря на длительные и напряженные трени-

ровки, уровень тренированности остается низким, а спортивное мастерство, как правило, не превышает требований массовых спортивных разрядов.

Тренируемость наиболее полно может быть раскрыта только в процессе специализированной тренировки. Для людей, не занимающихся спортом, главными лимитирующими факторами при физической нагрузке являются возможности организма в транспорте кислорода к работающим мышцам, в интенсификации энергообмена. Эти возможности сравнительно легко поддаются тренирующему воздействию. В настоящее время значительно расширились наши представления о границах тренируемости важнейших систем жизнеобеспечения. Это следует учитывать как при планировании максимальных объемов нагрузки для спортсменов высокой квалификации, так и при определении начальных (исходных) ее величин для нетренированных людей.

**Тренированность и спортивная форма.** *Спортивная форма* – состояние оптимальной готовности спортсмена к достижению максимального результата – отражает высшую степень развития тренированности, и в данном смысле эти понятия тождественны. Оптимальная готовность организма характеризуется высокими функциональными возможностями отдельных органов и систем, совершенной координацией физиологических процессов, способностью к интенсификации функций, устойчивостью к воздействию неблагоприятных факторов внешней и внутренней среды, стабилизированным двигательным навыком, высоким техническим и тактическим мастерством. Выражением высокой степени слаженности функций двигательного аппарата и внутренних органов является ускорение вработываемости и восстановительных процессов.

Спортивная форма характеризуется также особым психологическим фоном, тесно связанным с физиологическими изменениями в функциях кинестезического анализатора («чувство воды» у пловца, «чувство снега» у лыжника). В состоянии спортивной формы повышается роль сознательного контроля за эмоциональным состоянием. Столь обширный и сложный комплекс изменений двигательной, вегетативной, психической сфер деятельности формируется постепенно.

Тренировочный эффект при использовании специфических нагрузок с анаэробной направленностью наблюдается через 2–2,5 месяца. В видах мышечной деятельности, обеспечиваемой аэробными источниками энергии, тренированность существенно возрастает через 3–4 месяца. Время достижения оптимальной спортивной формы составляет 5–6 месяцев. Этими сроками определяется и продолжительность подготовительного периода в годичном тренировочном цикле.

Основными физиологическими предпосылками достижения спортивной формы являются повышение общего уровня функциональных возможностей организма и прогрессивные морфологические перестройки. Оптимальную функциональную готовность отдельные системы организма

достигают не всегда одновременно. Физическая работоспособность в своем развитии может опережать техническую и тактическую подготовленность, или наоборот.

Для фазы относительной стабилизации спортивной формы характерно снижение темпов дальнейших биологических перестроек. Внешнее выражение этой фазы заключается в устойчивых высоких спортивных результатах с тенденцией к росту. Продолжительность сохранения спортивной формы колеблется от 2–3 до 4,0–5,5 месяцев. Прекращение тренировки ведет к сравнительно быстрой утрате достигнутого: через 3–6 месяцев физическая подготовленность снижается до исходного уровня. Особенно быстро идет этот процесс в первые 10–15 дней. Высокая специальная работоспособность, острота ощущения потенциального спортивного успеха утрачиваются уже в первые 1,5–2 недели.

**Перетренировка.** *Перетренировка* – это прогрессирующее развитие переутомления. Она сопровождается комплексом функциональных нарушений, затрагивающих преимущественно центральный аппарат регуляции двигательных и вегетативных функций. Ранними признаками перетренировки являются расстройство сна, боязнь физических напряжений, страх перед выполнением сложных упражнений. Спортсмен становится раздражительным, легко вступает в конфликты с товарищами и тренером или, наоборот, отличается вялостью, безразличным отношением к окружающему, у него пропадает желание тренироваться. Если же тренировки продолжаются, то субъективные жалобы дополняются объективными расстройствами физиологических функций. Вначале ухудшаются нейро-гуморальные регуляторные влияния на внутренние органы и двигательный аппарат, затем происходят диффузные и очаговые изменения в сердечной мышце. Сократительная способность ее ухудшается, при физических нагрузках появляются боли в области сердца.

Наблюдаются неблагоприятные изменения и в обмене веществ. На ранних стадиях перетренировки снижается интенсивность окислительного фосфорилирования. На поздних стадиях ухудшаются и гликолитические механизмы энергопродукции, а также ресинтез АТФ.

При перетренировке нарушается витаминный баланс в организме. Это выражается прежде всего в уменьшении содержания витамина С в крови, печени, скелетных мышцах. Вследствие ухудшения пластических процессов, а также повышенного расхода энергии при мышечной работе падает масса тела. Снижение показателей физических качеств при перетренировке относится более всего к общей и скоростной выносливости. Быстрота и мышечная сила изменяются в меньшей степени.

В состоянии перетренировки спортсмены чаще болеют так называемыми простудными заболеваниями. Это связано с ухудшением естественной иммунологической защиты организма. Она зависит от бактерицидной функции жидких сред организма, эпителия дыхательных путей, кожных

покровов тела, т.е. от их способности уничтожать болезнетворные бактерии, вирусы, нейтрализовать продукты их жизнедеятельности.

Мерами предупреждения перетренировки служат правильная организация тренировочного режима, учет индивидуальных особенностей адаптации к физической нагрузке, строгое следование принципам спортивной тренировки, в которых обобщен многолетний опыт рационального построения тренировочного процесса. Для восстановления спортивной работоспособности на ранних стадиях перетренировки необходим активный отдых в течение 1–2 недель. Объем тренировочной нагрузки в это время следует уменьшить, интервалы отдыха между интенсивными упражнениями увеличить, соревновательные нагрузки исключить. Поздние стадии перетренировки требуют полного 2–3-недельного отдыха с последующим переходом к активному отдыху продолжительностью 3–4 недели. В период лечения и активного отдыха необходимо применять комплекс восстанавливающих средств (медикаментозные препараты, биологически активные вещества, физиотерапевтические процедуры).

**Перенапряжение.** Чрезмерная и форсированная физическая нагрузка без достаточного для восстановления периода отдыха приводит к *перенапряжению* – преждевременному износу важнейших жизнеобеспечивающих систем организма и к развитию патологических состояний. Перенапряжение возникает как результат несоответствия между запросами к организму, возникающими при мышечной работе, и его функциональными возможностями для их удовлетворения.

Выполнение чрезмерной мышечной работы в условиях волевого преодоления субъективных ощущений утомления является фактором, ускоряющим развитие перенапряжения.

В основе физического перенапряжения лежат нарушение нейрогуморальной регуляции физиологических функций и обмена веществ, стойкие изменения химизма внутренней среды, гормональные дисфункции – увеличение содержания адреналина и его аналогов в крови. Особую роль играет скрытая недостаточность адренкортикотропной функции передней доли гипофиза, а также истощение ее резервов, вызванное чрезмерной мышечной работой. В результате резких изменений обмена веществ, а также нарушения баланса ионов  $K^+$  и  $Na^+$  могут наблюдаться диффузные и очаговые поражения сердечной мышцы.

Феноменология острого перенапряжения достаточно выразительна: резкая слабость, головокружение, тошнота, одышка, сердцебиение, падение АД, а в более тяжелых случаях – картина острой сердечной недостаточности, боли в правом подреберье, увеличение размеров печени, обморочное состояние.

Чрезмерная физическая нагрузка чревата опасностью недостаточности энергетического обеспечения сердечной мышцы, нарушением метаболизма и угрозой инфаркта миокарда. По мнению Ф.З. Меерсона с соавто-

рами, ведущее место в перенапряжении миокарда принадлежит биохимическим нарушениям в системах восстановления энергетических веществ и синтеза структурных белков сердечной мышцы. Среди метаболических расстройств особое место занимает расстройство обмена веществ в миокарде, ибо при этом нарушается кровоснабжение всего организма. Миокард может быть поражен как первично, так и опосредствованно, через нарушение обменных процессов целостного организма.

Для нормальной функции миокарда необходимо равновесие между нейрогормонами симпатической и парасимпатической нервной системы. Нарушение соотношения в содержании адреналина и норадреналина, с одной стороны, и ацетилхолина – с другой, способствует развитию перенапряжения. Высокий уровень продукции адрено-симпатических медиаторов при перенапряжении приводит к гипоксии миокарда и рассеянному некрозу сердечной мышцы. В результате перенесенного перенапряжения могут сохраниться стойкое повышение АД, боли в области сердца и печени, длительное понижение спортивной работоспособности, плохая приспособляемость к мышечной нагрузке.

Следствием перенапряжения может быть развитие патологических форм гипертрофии сердца. Они характеризуются выраженными дистрофическими изменениями и отличаются этим от физиологической гипертрофии, являющейся следствием систематической мышечной работы.

Морфологические и специальные физиологические исследования показывают, что кровоснабжение сердечной мышцы при гипертрофии средней и умеренной степени возрастает в соответствии с увеличивающейся массой сердца. Однако границы перехода физиологической гипертрофии в патологическую являются условными. Дело в том, что гиперфункция сердечной мышцы, вызванная физической нагрузкой, носит преимущественно изотонический характер. Систолическое напряжение миокарда и давление в желудочках при мышечной работе возрастают незначительно. Энергетические расходы при этом намного ниже, чем при изометрическом режиме сердечной деятельности.

Переход от изотонического режима сокращения к изометрическому может быть результатом повышения сопротивления в магистральных и периферических сосудах, связанного с регуляторными расстройствами сосудистого тонуса при перенапряжении. Подобное изменение гемодинамики способствует развитию предпатологических форм гипертрофии сердечной мышцы.

Средства предупреждения и лечения перенапряжения зависят от его выраженности. Прежде всего необходимо сократить объем и интенсивность тренировочной нагрузки. В более тяжелых случаях следует перейти на режим активного отдыха. Нормализация сердечной функции достигается медикаментозными средствами. В комплексе восстановительных процедур особое внимание уделяется сбалансированному питанию с интенсивной витаминизацией.

## **ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СПОРТИВНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ**

Эффективность тренировочного занятия, успешность выступления на соревнованиях во многом зависят от того, при каких метеорологических условиях они происходят. Эти условия подчас могут создавать затруднения действиям спортсмена чисто механически: встречный ветер замедляет бег, скорость конькобежца, велосипедиста, снегопад ухудшает скольжение на лыжах и коньках и т.п. Некоторые метеорологические факторы влияют неблагоприятно на физиологические функции организма спортсмена, понижают его работоспособность. Это в первую очередь высокая или низкая температура воздуха, повышенная влажность, ветер. Для поддержания нормальной работоспособности в этих условиях определенную роль играют физиологические механизмы терморегуляции. Чем совершеннее терморегуляция тем выше работоспособность спортсмена в подобных условиях. Существенное влияние на ряд физиологических функций и спортивную работоспособность оказывают и изменения атмосферного давления. В обычных условиях проживания большинства людей – на уровне моря или небольших возвышенностях – колебания атмосферного давления не влияют на спортивную работоспособность. Пребывание же на значительных горных высотах, где атмосферное давление понижено, а также занятия подводным спортом, которые проходят в условиях повышенного атмосферного давления, оказывают значительное воздействие на организм и работоспособность спортсмена.

**Влияние пониженного атмосферного давления.** Повседневная деятельность человека, в том числе спортивная, может происходить в разных метеорологических условиях, в условиях с разным атмосферным давлением, т.е. на разных высотах над уровнем моря, на которых расположены города и поселения, – вплоть до 4000 м. На еще большие высоты – 5, 6, 7, 8 км и даже более – совершаются альпинистские восхождения.

Высоты от 1000 до 2500–3000 м принято называть среднегорьем, выше 3000 м – высокогорьем. До недавнего времени особый (физиологический) интерес представляло высокогорье, что было связано главным образом с альпинизмом и воздухоплаванием. Однако в последние годы много исследований по физиологии спорта проводилось в условиях среднегорья. Вызвано это в основном двумя причинами: первая заключается в том, что в среднегорье имеется много городов, оборудованных спортивными площадками, на которых проводятся большие соревнования, в том числе международные. Вторая причина повышенного интереса к физиологии среднегорья заключается в том, что спортсмены, тренировавшиеся в условиях среднегорья, после этого в ряде случаев особенно успешно выступали

в условиях на уровне моря. Поэтому спортивные базы в среднегорье стали представлять интерес не только как место проведения соревнований, но и как место тренировок перед соревнованиями в условиях низины.

Физиологические исследования и результаты спортивных соревнований, проводившихся на разных высотах, показали, что не только в условиях высокогорья, но и в среднегорье спортивная работоспособность заметно снижается. Небольшое снижение работоспособности бывает заметно на высотах, незначительно превышающих 1000 м. На высоте 2000 м снижение спортивной работоспособности явно выражено, особенно в тех видах спорта, где требуется потребление большого количества кислорода, т. е. связанных с большой аэробной производительностью. В тех же видах спорта, где движения совершаются в анаэробных условиях, ухудшение спортивных результатов в среднегорье либо незначительно, либо совсем отсутствует. Для того чтобы рассмотреть причины понижения спортивной работоспособности в среднегорье и в высокогорье, необходимо изучить, какие именно факторы высоты влияют на физиологические процессы человеческого организма.

Основным физиологическим фактором высоты является пониженное атмосферное давление и связанное с ним пониженное парциальное давление кислорода. Парциальное давление кислорода понижается соответственно снижению атмосферного: со 159 мм на уровне моря оно уменьшается в Мехико до 122, на Эльбрусе до 80, на Джомолунгме до 50. Известно, однако, что в альвеолярном воздухе парциальное давление кислорода значительно ниже, чем в наружном. Соответственно этому в условиях на уровне моря парциальное давление кислорода в альвеолах равно 100–110 мм, в Мехико 75–80 мм, на Эльбрусе 50–55 мм, на Джомолунгме 30–33 мм.

Теперь обратимся к кривой диссоциации оксигемоглобина и отметим на ней те точки, которые соответствуют трем рассматриваемым нами высотам. На высоте Мехико, где парциальное давление кислорода в альвеолах равно 80 мм, насыщение крови кислородом составляет 32%, в то время как на уровне моря – 96%, т. е. оксигенация крови снижается совсем незначительно и в состоянии покоя не ощущается. Но на высоте 5,5 км насыщение крови кислородом падает до 80% – это уже выраженная гипоксемия, и человек, поднявшийся на Эльбрус, ее очень хорошо ощущает даже в состоянии полного покоя. В условиях высоты Джомолунгмы кровь насыщена кислородом всего на 60%). При такой резкой гипоксемии организм испытывает настолько большое кислородное голодание, что выдержать его могут только исключительно хорошо тренированные к высокогорным восхождениям люди.

Основная реакция организма на влияние высоты заключается в усилении дыхания. Понижение напряжения кислорода в артериальной крови вызывает возбуждение хеморецепторов сонных артерий, которое передается в продолговатый мозг к дыхательному центру, что и приводит к усилению дыхания. Легочная вентиляция на высоте возрастает в известных пре-

делах в довольно тоном соответствий с понижением атмосферного давления. Благодаря этому организм может на указанных высотах обеспечиваться кислородом.

Другое дело, когда на этой высоте совершается большая мышечная работа, требующая почти максимального потребления кислорода. Примем, что при такой работе на уровне моря потребляется 4,5 л кислорода в 1 мин, а легочная вентиляция составляет 125 л/мин. Произведя описанный выше расчет, найдем, что при атмосферном давлении 600 мм нужное количество кислорода может быть потреблено организмом, если вентиляция легких возрастет до 158 л. Такая величина требует очень большого напряжения дыхательного аппарата: при 50 дыханиях в 1 мин. глубина каждого дыхания должна превышать 3 л.

Несмотря на то, что главная реакция на высоту проявляется в увеличении вентиляции легких, тем не менее это не означает, что одно лишь усиление дыхания может полностью компенсировать те трудности, которые наступают для организма в условиях горных высот. При усилении дыхания действуют два фактора, влияющих отрицательно на работоспособность. Первый заключается в том, что при усилении легочной вентиляции увеличивается естественно, работа дыхательных мышц. Выполнение этой работы также требует дополнительного потребления кислорода. Исследования показали, что на каждый литр дополнительной легочной вентиляции на горных высотах на работу дыхательных мышц расходуется приблизительно 10 мл кислорода. Это значит, что если легочная вентиляция возросла на 30 л, то одни лишь дыхательные мышцы поглотили дополнительно 300 мл кислорода. Естественно поэтому, что количество кислорода, поступающего к основным работающим мышцам, должно на это же количество уменьшиться. Это также является одной из существенных причин с понижением скорости прохождения дистанции.

Второй фактор отрицательного значения усиления легочной вентиляции заключается в том, что при этом происходит «вымывание» углекислого газа из организма. При гипервентиляции значительно понижается напряжение  $\text{CO}_2$  в альвеолярном воздухе, вследствие чего облегчаются условия перехода этого газа из крови в легкие. Напряжение  $\text{CO}_2$  в крови падает ниже нормы, и от этого понижается возбуждений дыхательного центра, что сдерживает усиление дыхания.

Во время пребывания на больших высотах при альпинистских восхождениях наблюдается ряд расстройств физиологических функций, которые обычно называют «горной болезнью». Ее проявления разнообразны. Могут возникнуть одышка, приступы удушья, головная боль, головокружение, нарушение координации движений, сна, сердцебиения, тошнота, иногда рото-носовые кровотечения, изменения зрения, обоняния, вкуса. Горная болезнь особенно выражена у малоопытных альпинистов, но она может быть и у квалифицированных альпинистов на очень больших высотах.

Проявления горной болезни уменьшаются в результате длительного пребывания на высоте, привыкания к горному климату, или, иначе, акклиматизации.

Одним из важнейших физиологических механизмов акклиматизации на горных высотах является усиленная деятельность кроветворных органов. Она проявляется в увеличении в крови количества эритроцитов и гемоглобина. Благодаря этому может транспортироваться больше кислорода.

Измерения содержания эритроцитов в крови у жителей высокогорных селений и участников спортивных сборов, проходивших на горных высотах, а также у альпинистов, подолгу находившихся на разных горных уровнях, показали, что чем больше высота, т.е. чем меньше атмосферное давление, тем больше эритроцитов содержится в крови. У участников восхождений на 6–8 км отмечено увеличение числа эритроцитов до 8 млн.

Акклиматизация охватывает и другие физиологические процессы – дыхание, кровообращение и, кроме того, происходит процесс акклиматизации в тканях и клетках организма, например в мышцах увеличивается количество миоглобина и повышается активность окислительно-восстановительных ферментов.

Все это способствует поддержанию нормальной деятельности организма при пониженном потреблении кислорода.

**Влияние повышенного атмосферного давления.** Влияние на организм повышенного атмосферного давления не имеет ничего общего с влиянием пониженного давления и не может рассматриваться как противоположное ему. Выше указывалось, что главный фактор пониженного атмосферного давления – это пониженное парциальное давление кислорода, следствием чего является недостаточное насыщение гемоглобина кислородом. При повышенном же атмосферном давлении не происходит избыточного насыщения гемоглобина кислородом, потому что уже при нормальном атмосферном давлении оксигенация крови составляет 96%. Следовательно, при повышении парциального давления кислорода возможно дополнительное насыщение гемоглобина лишь на 4%, так как 100-процентное насыщение означает, что все молекулы восстановленного гемоглобина превратились в оксигемоглобин.

Главное физиологическое действие повышенного атмосферного давления не в химических связях кислорода с гемоглобином или миоглобином, а в физических влияниях, оказываемых на состояние организма растворенными газами при их высокой концентрации.

При нормальном атмосферном давлении количество кислорода в крови в виде физического раствора очень мало – 0,3 мл на 100 г крови. При повышении давления вдыхаемого воздуха концентрация растворенного кислорода увеличивается строго пропорционально величине атмосферного давления.

При погружении человека в воду давление столба воды над ним возрастает на 1 атм. на каждые 10 м глубины. Соответственно увеличивается

количество растворенного кислорода в его тканях. Кислород растворяется не только в крови, но и в межтканевой жидкости и даже в протоплазме клеток. Поэтому общее количество растворенного в организме кислорода может достигать при многократном повышении атмосферного давления значительных величин.

Казалось бы, наличие большого количества кислорода в крови, не только химически связанного, но и физически растворенного, должно обеспечить большой объем аэробных реакций в мышцах и, следовательно, большую и длительную физическую работы. Отсюда можно предположить, что повышенное атмосферное давление создает для мышечной деятельности более благоприятные условия, чем нормальное атмосферное давление. В действительности же это не так, потому что избыточное количество кислорода – необходимого источника дыхания и жизни, – поступающего под большим парциальным давлением (например, в 2 атм.), оказывает на организм токсическое действие, т.е. является ядовитым. При незначительно избыточных концентрациях кислорода и непродолжительном действии токсичность еще не проявляется. Более того, замечено, что при повышении парциального давления кислорода в 2–3 раза по сравнению с нормальным работоспособность несколько возрастает вследствие некоторого общего возбуждения нервной системы. Такое состояние при дальнейшем повышении парциального давления кислорода или при его продолжительном действии сменяется угнетением нервных процессов и рядом расстройств физиологических функций. Кстати сказать, начальное возбуждение, сменяющееся торможением при дальнейшем увеличении концентрации действующего вещества, – характерное действие любых наркотических и токсических веществ. Замечено также, что очень длительное действие больших парциальных давлений кислорода облегчает возникновение воспалительных процессов в легких, так называемую пневмонию.

Помимо кислорода, в виде физического раствора в организме находятся и другие газы, образующие воздух, – углекислый газ и азот. Растворение углекислого газа наружного воздуха ничтожно, так как содержание его в воздухе очень мало. Иначе обстоит дело с азотом, составляющим 4/5 объема воздуха. Он растворяется в крови в больших количествах.

Как известно, азот является индифферентным газом, т.е. не участвующим в обмене веществ и дыхании. Сколько его вдыхается в легкие, столько же выдыхается. Нахождение этого газа в виде физического раствора в тканях не сказывается на их физиологических функциях, но лишь до определенных границ. Если количество растворенного азота в организме резко возрастает (в случае резкого повышения парциального давления этого газа), то начинает проявляться его токсическое действие, которое оказывает на организм еще более отрицательное влияние, чем токсичность кислорода. По этой причине при водолазных работах на больших глубинах в скафандр водолаза подается

воздух из компрессора, находящегося на судне, в котором азот заменен гелием, так как последний не обладает токсичностью.

Влияние на организм физически растворенных газов при длительном пребывании на больших глубинах не ограничивается их токсичностью. Главная опасность возникает тогда, когда растворенные в организме газы начинают выходить из раствора. Происходит это при переходе человека из области повышенного давления в область нормального давления, т.е. при подъеме из морских глубин на поверхность моря. Если подъем совершается быстро, то в организме происходит явление, подобное тому, что наблюдается в закупоренной бутылке шампанского; растворенные газы выходят из жидкости пузырьками. Пузырьки воздуха оказываются в тканях, лимфе, в крови, они закупоривают мелкие сосуды, мешая кровоснабжению органов. Если это произойдет в жизненно важных органах (сердце, мозг), то может наступить смерть. Поэтому во избежание эмболии (так называется закупорка кровеносного сосуда эмболом – пузырьком воздуха), подъем после глубоководных погружений должен совершаться очень медленно. При этом условии давление наружного воздуха снижается постепенно и растворенный в организме азот, и кислород переносятся кровью к легким и только там переходят из растворенного состояния в газообразное и с выдохом удаляются из организма. Разработана специальная инструкция о замедленности подъема водолазов и работающих в кессонах из различных глубин. Нарушение научно установленных сроков подъема может привести к смерти или вызвать «кессонную болезнь». Она проявляется в сильных болях в органах, куда проникли пузырьки воздуха, чаще всего в нестерпимых болях в суставах. Есть только одно средство избавления от этого состояния: снова поместить человека в область повышенного атмосферного давления. Для этого всюду, где производятся глубинные погружения, имеется специальная «ре-компрессионная камера». Она представляет собой барокамеру, в которую помещают человека, находящегося в состоянии «кессонной болезни». Туда нагнетают компрессором воздух до получения давления, соответствующего давлению воздуха, где раньше находился данный подводник. После этого давление в барокамере начинают очень медленно понижать, чтобы смогло произойти удаление растворенного в организме воздуха через легкие.

Все сказанное относится в одинаковой мере и к условиям пребывания в водолазном скафандре, и к работе в кессоне, и к нырянию с аквалангом. Во всех случаях давление, под которым подается вдыхаемый воздух (или любая иная газовая смесь), должно в точности соответствовать давлению на данной глубине погружения и возрастать на одну дополнительную атмосферу при погружении на каждые 10 м. Условия подводного погружения аквалангиста, глубина погружения, длительность пребывания под водой и в особенности строгая постепенность выхода на поверхность из больших глубин – все это должно соответствовать общим физиологическим законам влияния повышенного атмосферного давления, отвечать общим правилам безопасности подводных погружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровский, В.И. Спортивная физиология. – М: Терра – Спорт, Олимпия Пресс, 2005. – 384 с.
2. Смирнов, В.М. Физиология физического воспитания и спорта. – М.: Изд-во Владос – Пресс, 2002. – 608 с.
3. Солодков А.С., Сологуб Е.В. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. – М: Терра – Спорт, Олимпия Пресс, 2001. – 520 с.
4. Спортивная физиология: Учебник для ин-ов физкультуры / Под ред. Я.М. Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
5. Физиология человека: Учебник для ин-ов физической культуры. – Изд. 5-е / Под ред. Н.В. Зимкина. – М.: Физкультура и спорт, 1975 – 496 с.
6. Физиология человека: Учебник для вузов физ. культуры и факультетов физ. воспитания педагогических вузов / Под общ. ред. В.И. Тхоревского. – М.: Физкультура, образование и наука, 2001. – 492 с.
7. Фомин, Н.А. Физиология человека. – М.: Просвещение, 1995. – 416 с.
8. Фомин, Н.А., Вавилов, Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. – М.: Просвещение, 1991. – 245 с.
9. Уилмор Дж., Костил Д. Физиология спорта и двигательной активности. – Киев, «Олимпийская литература», 2003. – 503 с.

Учебное издание

**ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА**

Курс лекций

Составитель

**МАЛАХ** Ольга Николаевна

Технический редактор

*Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн

*В.Л. Пугач*

Подписано в печать 2021. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 7,67. Уч.-изд. л. 8,56. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33