

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СПОРТА»  
КАФЕДРА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ, ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ И  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

**ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА**

Курс лекций

Учебное пособие для самостоятельной работы студентов

Воронеж 2023

УДК 691:612.

Физиология спорта: учебное пособие для самостоятельной работы студентов /сост.: Артемьева С.С., Двурекова Е.А. – Воронеж, ВГАС, 2023. – 144 с.

В учебном пособии освещены основы физиологии физической культуры и спорта; физиологические принципы классификации физических упражнений; физиологическая характеристика состояний организма при спортивной деятельности; физиологические основы формирования двигательных навыков и развития физических качеств; физиологические основы спортивной тренировки; физиологические основы спортивной работоспособности в особых условиях внешней среды; физиологические основы спортивной тренировки женщин и юных спортсменов.

Предназначено для студентов физкультурных вузов, учителей физической культуры, тренеров.

Рецензенты:

доцент  
кафедры нормальной физиологии  
ВГМУ им. Н.Н. Бурденко,  
к.б.н.

Семилетова В.А.

доцент каф. медико-биологических,  
естественно-научных и математических  
дисциплин ВГАС,  
к.б.н.,

Попова И.Е.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА, СОДЕРЖАНИЕ И ЗАДАЧИ .....	7
2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ.....	9
2.1. В зависимости от объема активной мышечной массы .....	11
2.2. В соответствии с типом сокращения основных мышц .....	12
2.3. В соответствии с ведущим физическим качеством.....	13
2.4. По основным источникам энергии .....	13
2.5. По энергетической характеристике физических упражнений .....	19
2.6. В соответствии с общей кинематической характеристикой упражнений (по биомеханическим критериям) .....	19
2.7. По предельному времени работы.....	22
3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА.....	28
3.1. Разминка .....	28
3.2. Предстартовое состояние.....	28
3.3. Вработывание. «Мертвая точка», «Второе дыхание». ....	31
3.4. Устойчивое состояние.....	35
4. УТОМЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ .....	38
4.1. Утомление как биологический процесс .....	38
4.1.1. Особенности утомления в различных режимах мышечной работы.....	38
4.1.2. Факторы утомления и состояние функций организма.....	41
4.1.3. Особенности утомления при различных видах физических нагрузок .....	43
4.2. Восстановительные процессы .....	46
4.2.1. Закономерности восстановительных процессов .....	46
4.2.2. Показатели восстановления работоспособности.....	54
4.2.3. Средства повышения эффективности процессов восстановления .....	57
4.3. Предутомление, хроническое утомление и переутомление.....	63
4.4. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения .....	65
5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ.....	67
5.1. Выносливость.....	67
5.2. Формы проявления, механизмы и резервы развития силы .....	70
5.3. Быстрота .....	76
5.4. Ловкость .....	78
5.5. Гибкость .....	80
6. АДАПТАЦИЯ К МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И РЕЗЕРВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА.....	82
6.1. Адаптация, цена адаптации. Динамика адаптационных изменений в организме, ее стадии.....	82

6.2. Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам.....	84
6.3. Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам.....	85
6.4. Функциональная система адаптации .....	86
6.5. Физиологические резервы организма и их характеристика.....	88
7. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕНИРОВКИ И СОСТОЯНИЯ ТРЕНИРОВАННОСТИ .....	90
7.1. Физиологические основы процесса тренировки .....	90
7.2. Физиологические основы состояния тренированности.....	91
7.3. Тренировочные нагрузки .....	93
7.4. Физиологическое обоснование основных принципов спортивной тренировки. Периодизация спортивной тренировки .....	95
8. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В СПОРТЕ .....	98
8.1. Показатели функциональной подготовленности в покое.....	98
8.2. Тестирование функциональной подготовленности спортсменов при стандартных и предельных нагрузках .....	100
9. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ .....	103
9.1. Условно-рефлекторные механизмы образования двигательных навыков .....	103
9.2. Функциональная система, доминанта, двигательный динамический стереотип .....	104
9.3. Стабильность и вариативность компонентов двигательного навыка .....	106
9.4. Физиологические закономерности и стадии формирования двигательных навыков .....	108
9.5. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков по мере роста спортивного мастерства .....	111
10. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СПОРТИВНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ .....	114
10.1. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность .....	114
10.2. Спортивная работоспособность в условиях среднегорья и высокогорья .....	118
10.3. Влияние водной среды на спортивную работоспособность .....	120
11. Физиологические основы спортивной тренировки женщин и юных спортсменов .....	124
11.1. Физиологические основы тренировки женщин.....	124
11.2. Физиологические основы тренировки юных спортсменов .....	130
11.3. Спортивная ориентация и отбор .....	132
СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ.....	135
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	144

### **Список сокращений**

БС-волокна – быстро сокращающиеся волокна

ДЕ – двигательная единица

ЖЕЛ – жизненная емкость легких

КПД – коэффициент полезного действия

МВЛ – максимальная вентиляция легких

МОД – минутный объем дыхания

МОК – минутный объем крови

МПК – максимальное потребление кислорода

МС-волокна – медленно сокращающиеся волокна

ОМЦ – овариально-менструальный цикл

ОО – остаточный объем легких

ООЛ – общий объем легких

ПАНО – порог анаэробного обмена

РДО – реакция на движущийся объект

СО – систолический объем

ЦНС – центральная нервная система

ЧСС – частота сердечных сокращений

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире отмечается интенсивный рост исследований и накопления информации в области биологического обоснования занятий физкультурно-спортивной деятельностью («exercise physiology»). Данное явление, а также обновление образовательных стандартов высшего профессионального образования вызывают необходимость обновления фонда учебной литературы, пополнение классических знаний спортивной физиологии современными научными данными и сведениями необходимыми для современных студентов. Данное учебное пособие написано в соответствии рабочей учебной программой дисциплины «физиология спорта» с целью научить студентов компетенциям по рациональному, физиологически обоснованному планированию физкультурной деятельности и спортивной подготовки.

В пособии излагаются современные научные данные о физиологической характеристике различных видов спорта, представлены сведения о факторах, лимитирующих спортивную работоспособность, дана подробная характеристика состояний организма при спортивной деятельности. Рассматриваются физиологические основы формирования двигательных навыков и развития физических качеств.

Сведения о физиологических закономерностях построения спортивной тренировки помогут более рационально и обоснованно планировать параметры физических нагрузок, распределять нагрузки в микро-, мезо- и макроциклах спортивной тренировки, адекватно подходить к выбору необходимого метода спортивной тренировки.

В разделе «физиологические основы спортивной работоспособности в особых условиях внешней среды» раскрываются механизмы адаптации организма человека к повышенной температуре и влажности воздуха, пониженной температуре, пониженному и повышенному атмосферному давлению и влияние этих условий на спортивную работоспособность.

Значимой для бакалавров физической культуры является информация, представленная в разделе «физиологические основы спортивной тренировки женщин и юных спортсменов».

# 1. ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА, СОДЕРЖАНИЕ И ЗАДАЧИ

**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.

*Задачи физиологии спорта:*

1. Физиологическая характеристика различных видов спортивной деятельности и состояний организма человека в процессе тренировочных занятий или соревнований.
2. Изучение физиологических механизмов формирования двигательных навыков и развития физических качеств.
3. Обоснование физиологических закономерностей построения спортивной тренировки.
4. Выявление физиологических особенностей жизнедеятельности организма человека в зависимости от возраста, пола и особых условий внешней среды при занятиях физической культурой и спортом.
5. Обоснование занятий оздоровительной физической культурой.

Основной задачей физиологии спорта является сравнительное изучение функционального состояния организма человека, т. е. исследование проводится до, во время и после двигательной активности.

Разработаны специальные нагрузочные тесты, позволяющие дозировать физическую активность и регистрировать соответствующие изменения функций организма в различные периоды деятельности человека. С этой целью используются велоэргометр, бегущая дорожка (тредбан), ступеньки разной высоты, а также различные приборы, позволяющие регистрировать функции сердечно-сосудистой, дыхательной, мышечной и центральной нервной системы на расстоянии, передавая соответствующие показатели по телеметрическим каналам.

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.

Физиология спорта как учебная и научная дисциплина, решает две

основные проблемы:

1. физиологическое обоснование закономерностей укрепления здоровья человека с помощью физических упражнений и повышения устойчивости его организма к действию различных неблагоприятных факторов внешней среды (температура, давление, радиация, загрязненность воздуха и воды, инфекции и т.д.), а также в сохранении и восстановлении работоспособности, препятствии развитию раннего утомления и коррекции психоэмоциональных перегрузок в процессе профессиональной деятельности человека. Эти задачи спортивной физиологии решаются в рамках массовых форм физической культуры.

2. физиологическое обоснование мероприятий, направленных на достижение высоких спортивных результатов, особенно в большом спорте.

Эти две проблемы полностью не совпадают, так как для достижения наивысших результатов в процессе тренировок в ряде случаев применяются такие нагрузки, которые могут приводить к снижению устойчивости организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды, ухудшению состояния здоровья и даже к возникновению заболеваний.

Исходя из всего сказанного, становится очевидным, что физиологические особенности функций организма следует изучать и оценивать отдельно как в отношении массовой физической культуры и физической подготовки специальных контингентов (военнослужащие, пожарные, геологи, студенты, школьники и некоторые другие категории), так и в отношении различных видов спорта, особенно спорта высших достижений.



## 2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

1. Физиологическая классификация физических упражнений.
2. Физиологическая характеристика циклических движений.
3. Стереотипные ациклические движения.
4. Физиологическая характеристика упражнений, оцениваемых в баллах.
5. Физиологическая характеристика ситуационных движений.

**Упражнение** – совокупность непрерывно связанных друг с другом двигательных действий, (движений), направленных на достижение определенной цели (решение двигательной задачи).

**Движение** – перемещение организма или отдельных его частей, включает в себя процессы осуществления двигательных актов и поддержание позы.

Огромное число физических, в том числе спортивных упражнений, обуславливает необходимость их классификации для следующих целей:

- для понимания общих механизмов воздействия различных упражнений на организм в целом или его отдельные системы;
- для правильного подбора и расширения диапазона средств воздействия на организм занимающегося.

Общепринятой среди синтетических в настоящее время считается классификация физических упражнений, предложенная В.С. Фарфелем. В этой системе в силу многообразия и разнохарактерности физических упражнений применены различные критерии классификации. Все спортивные упражнения разделены первоначально на позы и движения (рис. 1). Поза – закрепление частей скелета в определенном положении. Выделяют следующие позы: сидение, стояние, лежание, с опорой на руки.

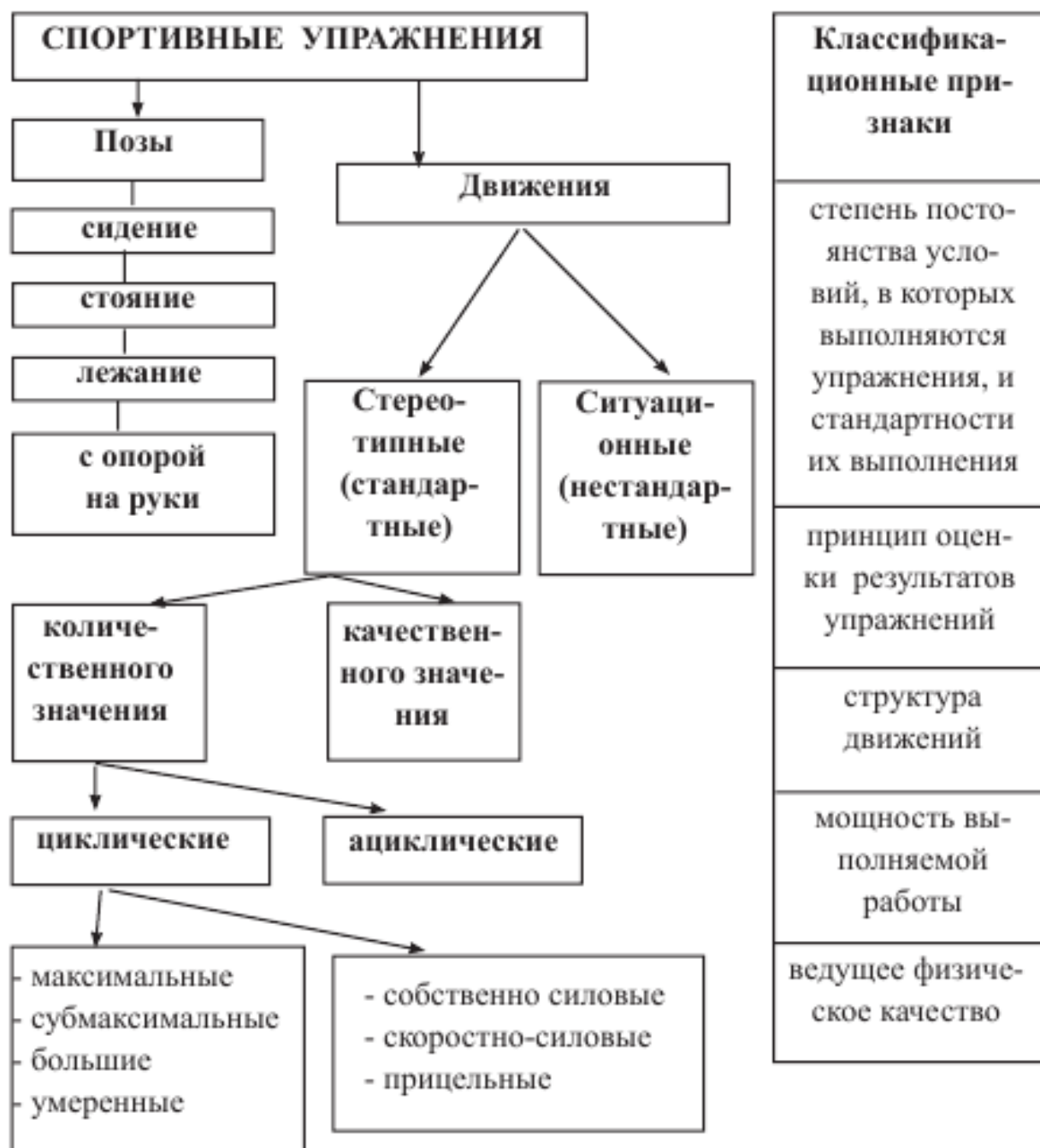


Рис. 1. Синтетическая классификация физических упражнений по В.С. Фарфелю

При аналитической классификации выбирается какой-то один определенный признак (классификатор), по которому все упражнения делятся на группы. Если в качестве классификаторов используются различные признаки - это так называемые синтетические классификации.

Тип классификатора	Группы физических упражнений
Биомеханическая структура движений	Циклические, ациклические, смешанные (плавание, метания, игры)
Характер реагирования на внешние условия	Стандартные, нестандартные (бег, единоборства)
Преимущественно развиваемые физические качества	Упражнения, развивающие силу, быстроту, выносливость, ловкость, гибкость
Режим деятельности скелетных мышц	Статические, динамические (удержание позы, все движения)
Относительная мощность (интенсивность)	Упражнения максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощности (спринт, средние, длинные и сверхдлинные дистанции)
Характер распределения усилий в движении	Баллистические (прыжки, метания) и небаллистические (плавание, ходьба)
Степень вовлеченности мышечных групп	локальные (1/3 мышечной массы тела); региональные (2/3 все мышечной массы); глобальные (более 2/3 все мышечной массы)
Преобладающий энергетический режим	Аэробный, смешанный, анаэробный
Уровень энергозатрат (по потреблению кислорода)	Низкий (до 2 л), средний (2–4 л), высокий (4–6 л) (настольный теннис, бокс, лыжные гонки)

*Рис. 2. Аналитические классификации физических упражнений  
(по Кучкин С.Н., Бакулин С.А., 2001)*

## **2.1. В зависимости от объема активной мышечной массы**

1) *Локальные* – упражнения, в осуществлении которых участвует менее 1/3 всей мышечной массы тела (стрельба из лука, из пистолета, определенные гимнастические упражнения).

2) *Региональные* – упражнения, в осуществлении которых принимает участие примерно от 1/3 до 1/2 всей мышечной массы тела (гимнастические упражнения, выполняемые только мышцами рук и пояса верхних конечностей, мышцами туловища и т. п.).

3) *Глобальные* – упражнения, в осуществлении которых принимает активное участие более 1/2 всей мышечной массы тела (бег, гребля, езда на велосипеде и др.). Подавляющее большинство спортивных упражнений относится к глобальным.

## **2.2. В соответствии с типом сокращения основных мышц**

- 1) статические
- 2) динамические.

**1. Статические усилия (СУ)** встречаются в различных видах спорта. Им принадлежит важная роль в поддержании различных поз.

Как отдельные элементы СУ включаются в определенные моменты ациклических движений (тяжелая атлетика) и упражнений, оцениваемых качественно (в баллах), - гимнастика, акробатика, борьба и др.

Если организм не тренирован к статическим усилиям, то это может лимитировать работоспособность спортсмена, то есть адаптация к СУ служит проявлением общей тренированности.

*СУ делятся на две группы: малые статические усилия (МСУ) и большие статические усилия (БСУ).*

МСУ осуществляются за счет тонических сокращений. Они используются организмом для поддержания главным образом различных поз и положений тела (положение головы, поза сидя, стоя и др.).

Главная особенность МСУ - их небольшая утомляемость при осуществлении работы мышц. Она обусловлена посменной работой различных, преимущественно медленных (тонических) ДЕ, незначительной частотой импульсации из моторных центров (от 3 до 20 имп/с). Длительное поддержание сокращения осуществляется за счет аэробного характера обеспечения.

При МСУ наблюдаются незначительные физиологические сдвиги, причем они тем меньше, чем выше адаптация организма к статическим напряжениям.

БСУ в спортивной практике встречаются в гимнастике (упоры, висы, углы и т.д.); в тяжелой атлетике (удержание снаряда, фиксация поз); в борьбе (положение "мост", захваты и др.) и в большей или меньшей степени во всех ациклических видах, единоборствах и спортивных играх.

БСУ осуществляются за счет тетанического режима мышечных сокращений (при количестве импульсов от 30 до 60 имп/с и выше) и сопровождаются быстрым развитием утомления.

Утомление связано с необходимостью поддержания непрерывной высокочастотной импульсации из двигательных зон ЦНС, со значительным повышением внутримышечного давления, со сдавлением кровеносных сосудов и накоплением в мышцах продуктов распада. Статическую работоспособность принято определять как произведение величины напряжения мышц на время его удержания и выражать в кгс.

Статические напряжения по реакции вегетативных функций характеризуются рядом особенностей: небольшими энерготратами с кислородным запросом не больше 3-4 л/мин; задержками дыхания и явлениями натуживания, что повышает внутригрудное давление и ухудшает венозный приток к сердцу значительным повышением артериального давления.

Феномен Линдгарда (или феномен статических усилий) заключается в особом характере реакции вегетативных функций: сразу после окончания БСУ показатели дыхания и сердечно-сосудистой системы становятся выше, чем при работе (рис. 3). Особенно резко феномен Линдгарда выражен после мощных статических напряжений, причем больше - у лиц нетренированных.

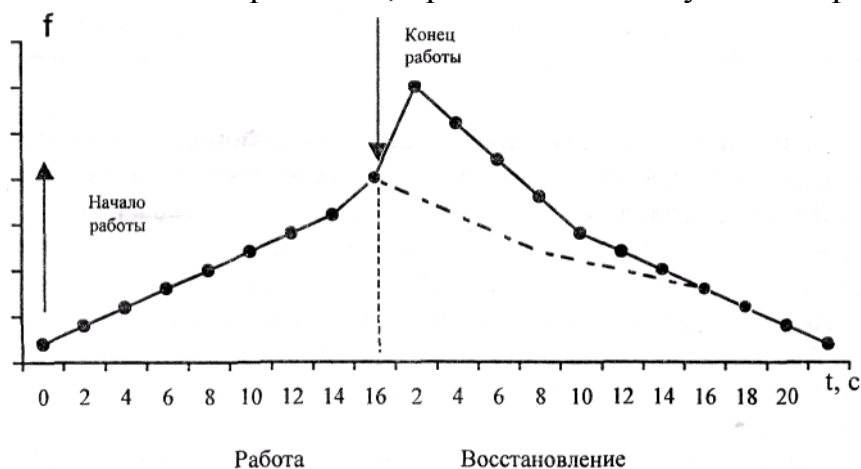


Рис. 3. Схема феномена Линдгарда  
 $f$  - функциональные показатели,  $t$  - время работы;  
характер восстановления при динамической работе - - - - -;  
и физиологические сдвиги при больших статических усилиях - • — •.

2. Большинство физических упражнений относится к **динамическим**. Таковы все виды локомоций: ходьба, бег, плавание и др.

### 2.3. В соответствии с ведущим физическим качеством

Критерии ведущего физического качества — упражнения силовые, скоростные, скоростно-силовые, упражнения на выносливость, координационные или сложно-технические.

### 2.4. По основным источникам энергии

Соотношение разных путей (систем) энергопродукции в значительной мере определяет, характер и степень изменений в деятельности различных физиологических систем, обеспечивающих выполнение разных упражнений.

Анаэробные упражнения. Выделяются три группы анаэробных упражнений:

- 1) максимальной анаэробной мощности (анаэробной мощности);
- 2) околوماксимальной анаэробной мощности (смешанной анаэробной мощности);
- 3) субмаксимальной анаэробной мощности.

Упражнения максимальной анаэробной мощности — это упражнения с почти исключительно анаэробным способом энергообеспечения работающих мышц: анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет от 90 до 100 %.

Усиление деятельности вегетативных систем происходит в процессе работы постепенно. Из-за кратковременности анаэробных упражнений во время их выполнения функции кровообращения и дыхания, не успевают достигнуть возможного максимума. На протяжении максимального анаэробного упражнения спортсмен либо вообще не дышит, либо успевает выполнить лишь несколько дыхательных циклов. Соответственно «средняя» легочная вентиляция не превышает 20—30% от максимальной. ЧСС повышается еще до старта (до 140—150 уд/мин) и во время упражнения продолжает расти, достигая наибольшего значения сразу после финиша 80—90% от максимальной (160—180 уд/мин). Поскольку энергетическую основу этих упражнений составляют анаэробные процессы, усиление деятельности кардиореспираторной (кислородтранспортной) системы практически не имеет значения для энергетического обеспечения самого упражнения. Концентрация лактата в крови за время работы изменяется крайне незначительно, хотя в рабочих мышцах она может достигать в конце работы 10 ммоль/кг и даже больше. Концентрация лактата в крови продолжает нарастать на протяжении нескольких минут после прекращения работы и составляет максимум 5-8 ммоль/л.

Перед выполнением анаэробных упражнений несколько повышается концентрация глюкозы в крови. До начала и в результате их выполнения в крови очень существенно повышается концентрация. Катехоламинов (адреналина и норадреналина) и гормона роста, но несколько снижается концентрация инсулина; концентрации глюкагона и кортизола заметно не меняются.

Ведущие физиологические системы и механизмы, определяющие спортивный результат в этих упражнениях, центрально-нервная регуляция мышечной деятельности (координация движений с проявлением большой мышечной мощности), функциональные свойства нервно-мышечного аппарата (скоростно-силовые), емкость и мощность фосфагенной энергетической системы рабочих мышц.

**Упражнения околомаксимальной анаэробной мощности** (смешанной анаэробной мощности) – это упражнения с преимущественно анаэробным энергообеспечением работающих мышц. Анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет 75-85 % – отчасти за счет фосфагенной и в наибольшей мере за счет лактаcidной (гликолитической) энергетических систем. Рекордная околомаксимальная анаэробная мощность в беге – в пределах 50-100 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность таких упражнений у выдающихся спортсменов, колеблется от 20 до 50 с. К соревновательным упражнениям относится бег на дистанциях 200-400 м, плавание на дистанциях до 100 м, бег на коньках на 500 м.

Для энергетического обеспечения этих упражнений значительное усиление деятельности кислородтранспортной системы уже играет определенную энергетическую роль, при чем тем большую, чем продолжительнее упражнение. Предстартовое повышение ЧСС очень

значительно (до 150-160 уд/мин). Наибольших значений (80-90 % от максимальной) она достигает сразу после финиша на 200 м и на финише 400 м. В процессе выполнения упражнения быстро растет легочная вентиляция, так что к концу упражнения длительностью около 1 мин она может достигать 50-60 % от максимальной рабочей вентиляции для данного спортсмена (60-80 л/мин). Скорость потребления  $O_2$  также быстро нарастает на дистанции и на финише 400 м может составлять уже 70-80 % от индивидуального МПК.

Концентрация лактата в крови после упражнения весьма высокая – до 15 ммоль/л у квалифицированных спортсменов. Она тем выше, чем больше дистанция и выше квалификация спортсмена. Накопление лактата в крови связано с очень большой скоростью его образования в рабочих мышцах (как результат интенсивного анаэробного гликолиза).

Концентрация глюкозы в крови несколько повышена по сравнению с условиями покоя (до 100-120 мг%). Гормональные сдвиги в крови сходны с теми, которые происходят при выполнении упражнения максимальной анаэробной мощности.

Ведущие физиологические системы и механизмы, определяющие спортивный результат в упражнениях околорекордной анаэробной мощности, те же, что и в упражнениях предыдущей группы, и, кроме того, мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц.

***Упражнения субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробно-аэробной мощности)*** – это упражнения с преобладанием анаэробного компонента энергообеспечения работающих мышц. В общей энергопродукции организма он достигает 60-70 % и обеспечивается преимущественно за счет гликолитической энергетической системы. В энергообеспечении этих упражнений значительная доля принадлежит кислородной (окислительной, аэробной) энергетической системе. Рекордная мощность в беговых упражнениях составляет примерно 40 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность соревновательных упражнений у выдающихся спортсменов – от 1 до 2 мин. К соревновательным упражнениям относятся: бег на 800 м, плавание на 200 м, бег на коньках на 1000 и 1500 м, заезды на 1 км в велоспорте (трек).

Мощность и предельная продолжительность этих упражнений таковы, что в процессе их выполнения показатели деятельности кислородтранспортной системы (ЧСС, сердечный выброс, ЛВ, скорость потребления  $O_2$ ) могут быть близки к максимальным значениям для данного спортсмена или даже достигать их. Чем продолжительнее упражнение, тем выше на финише эти показатели и тем значительнее доля аэробной энергопродукции при выполнении упражнения. После этих упражнений регистрируется очень высокая концентрация лактата в рабочих мышцах и крови – до 20-25 ммоль/л. Соответственно рН крови снижается до 7,0. Обычно заметно повышена концентрация глюкозы в крови—до 150 мг%, высоко содержание в плазме крови катехоламинов и гормона роста.

Ведущие физиологические системы и механизмы – емкость и мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц, функциональные (мощностные) свойства нервно-мышечного аппарата, а также кислород-транспортные возможности организма (особенно сердечно-сосудистой системы) и аэробные (окислительные) возможности рабочих мышц. Таким образом, упражнения этой группы предъявляют весьма высокие требования, как к анаэробным, так и к аэробным возможностям спортсменов.

**Аэробные упражнения.** Мощность нагрузки в этих упражнениях такова, что энергообеспечение рабочих мышц может происходить (главным образом или исключительно) за счет окислительных (аэробных) процессов, связанных с непрерывным потреблением организмом и расходом работающими мышцами кислорода. Поэтому мощность в этих упражнениях можно оценивать по уровню (скорости) дистанционного потребления  $O_2$ . Если дистанционное потребление  $O_2$  соотнести с предельной аэробной мощностью у данного человека (т. е. с его индивидуальным МПК, или «кислородным потолком»), то можно получить представление об относительной аэробной физиологической мощности выполняемого им упражнения. По этому показателю среди аэробных циклических упражнений выделяются пять групп.

- 1) упражнения максимальной аэробной мощности (95-100% МПК);
- 2) упражнения околормаксимальной аэробной мощности (85-90% МПК);
- 3) упражнения субмаксимальной аэробной мощности (70-80 % МПК);
- 4) упражнения средней аэробной мощности (55-65 % от МПК);
- 5) упражнения малой аэробной мощности (50% от МПК и менее).

Ведущими физиологическими системами и механизмами, определяющими успешность выполнения аэробных циклических упражнений, служат функциональные возможности кислородтранспортной системы и аэробные возможности рабочих мышц.

По мере снижения мощности этих упражнений (увеличения предельной продолжительности) уменьшается доля анаэробного (гликолитического) компонента энергопродукции. Соответственно снижаются концентрация лактата в крови и прирост концентрации глюкозы в крови (степень гипергликемии). При упражнениях длительностью в несколько десятков минут гипергликемии вообще не наблюдается. Более того, в конце таких упражнений может отмечаться снижение концентрации глюкозы в крови (гипогликемия).

Чем больше мощность аэробных упражнений, тем выше концентрация катехоламинов в крови и гормона роста. Наоборот, по мере снижения мощности нагрузки содержание в крови таких гормонов, как глюкагон и кортизол, увеличивается, а содержание инсулина уменьшается.



С увеличением продолжительности аэробных упражнений повышается температура тела, что предъявляет повышенные требования к системе терморегуляции.

Упражнения максимальной аэробной мощности (с дистанционным потреблением кислорода 95-100 % от индивидуального МПК) – это упражнения, в которых преобладает аэробный компонент энергопродукции – он составляет до 60-70 %. Однако энергетический вклад анаэробных (преимущественно гликолитических) процессов еще очень значителен. Основным энергетическим субстратом при выполнении этих упражнений служит мышечный гликоген, который расщепляется как аэробным, так и анаэробным путем (в последнем случае с образованием большого количества молочной кислоты). Предельная продолжительность таких упражнений – 3-10 мин. К соревновательным упражнениям этой группы относятся: бег на 1500 и 3000 м, бег на 3000 и 10000 м на коньках, плавание на 400 и 800 м, академическая гребля (классические дистанции), заезды на 4 км на велотреке.

Через 1,5-2 мин после начала упражнений достигаются максимальные для данного человека ЧСС, систолический объем крови и сердечный выброс, рабочая ЛВ, скорость потребления  $O_2$  (МПК). По мере продолжения упражнения ЛВ, концентрация в крови лактата и катехоламинов продолжает нарастать. Показатели работы сердца и скорость потребления  $O_2$  либо удерживаются на максимальном уровне (при состоянии высокой тренированности), либо начинают несколько снижаться.

После окончания упражнения концентрация лактата в крови достигает 15-25 ммоль/л в обратной зависимости от предельной продолжительности упражнения и в прямой – от квалификации спортсмена (спортивного результата).

Ведущие физиологические системы и механизмы – общие для всех аэробных упражнений; кроме того, существенную роль играет мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц.

Упражнения околомаксимальной аэробной мощности (с дистанционным потреблением  $O_2$  85-95 % от индивидуального МПК) – это упражнения, при выполнении которых до 90 % всей энергопродукции обеспечивается окислительными (аэробными) реакциями в рабочих мышцах. В качестве субстратов окисления используются в большей мере углеводы, чем жиры (дыхательный коэффициент около 1,0). Главную роль играют гликоген рабочих мышц и в меньшей степени – глюкоза крови (на второй половине дистанции). Рекордная продолжительность упражнений до 30 мин. К этой группе относятся: бег на дистанциях 5000 и 10000 м, плавание на дистанции 1500 м, бег на лыжах до 15 км и на коньках на 10 000 м. В процессе выполнения упражнений ЧСС находится на уровне 90-95%, ЛВ – 85-90 % от индивидуальных максимальных значений. Концентрация лактата в крови после упражнения у высоко квалифицированных спортсменов – около 10 ммоль/л. В процессе выполнения упражнения происходит существенное повышение температуры тела – до 39°.

Упражнения субмаксимальной аэробной мощности (с дистанционным потреблением  $O_2$  70-80 % от индивидуального МПК) – это упражнения, при выполнении которых более 90% всей энергии образуется аэробным путем. Окислительному расщеплению подвергаются в несколько большей степени углеводы, чем жиры (дыхательный коэффициент примерно 0,85–0,90). Основными энергетическими субстратами служат гликоген мышц, жиры рабочих мышц и крови и (по мере продолжения работы) глюкоза крови. Рекордная продолжительность упражнений – до 120 мин. В эту группу входят: бег на 30 км и более (включая марафонский бег), лыжные гонки на 20-50 км, спортивная ходьба до 20 км.

На протяжении упражнения ЧСС находится на уровне 80-90 %, а ЛВ – 70-80 % от максимальных значений для данного спортсмена. Концентрация лактата в крови обычно не превышает 4 ммоль/л. Она заметно увеличивается только в начале бега или в результате длительных подъемов. На протяжении выполнения этих упражнений температура тела может достигать 39-40°.

Ведущие физиологические системы и механизмы – общие для всех аэробных упражнений и, кроме того, емкость кислородной (окислительной) системы, которая зависит в наибольшей мере от запасов гликогена в рабочих мышцах, и печени и от способности мышц к повышенной длительной утилизации (окислению) жиров.

Упражнения средней аэробной мощности (с дистанционным потреблением  $O_2$  55-65% от индивидуального МПК) – это упражнения, при выполнении которых почти вся энергия рабочих мышц обеспечивается аэробными процессами. Основным энергетическим субстратом служат жиры рабочих мышц и крови, углеводы играют относительно меньшую роль (дыхательный коэффициент около 0,8). Предельная продолжительность упражнения – до нескольких часов. К упражнениям этой группы относятся: спортивная ходьба на 50 км, лыжные гонки на сверхдлинные дистанции (более 50 км).

Кардиореспираторные показатели не превышают 60-75% от максимальных для данного спортсмена. Во многом характеристики этих упражнений и упражнений предыдущей группы близки.

Упражнения малой аэробной мощности (с дистанционным потреблением  $O_2$  50% и менее от индивидуального МПК) – это упражнения, при выполнении которых практически вся энергия рабочих мышц обеспечивается за счет окислительных процессов, в которых расходуются главным образом жиры и в меньшей степени углеводы (дыхательный коэффициент менее 0,8). Упражнения такой относительной физиологической мощности могут выполняться в течение многих часов. Это соответствует бытовой деятельности человека (ходьба) или упражнениям в системе занятий массовой или лечебной физической культурой.

## 2.5. По энергетической характеристике физических упражнений

Важнейшую классификационную характеристику упражнений, составляет их мощность.

Энергетическая стоимость служит важнейшей характеристикой упражнения. Для определения энергетической стоимости физического упражнения используют два показателя: энергетическую мощность и валовый (общий) энергетический расход.

**Энергетическая мощность**—это количество энергии, расходуемое в среднем за единицу времени при выполнении данного упражнения. Она измеряется обычно в физических единицах: ваттах, ккал/мин, килоджоулях в минуту, а также в «физиологических»: скорости потребления  $O_2$  (мл  $O_2$ /мин) или в МЕТах (метаболический эквивалент, т. е. количество  $O_2$ , потребляемого в 1 мин на 1 кг веса тела в условиях полного покоя лежа. 1 МЕТ равен 3,5 мл  $O_2$ /кг • мин).

**Валовый (общий) энергетический расход**—это количество энергии, расходуемой во время выполнения всего упражнения в целом. Валовый энергетический расход (общая энергетическая стоимость упражнения) может быть определен как произведение средней энергетической мощности на время выполнения упражнения.

По показателям энергетической мощности физические упражнения обычно подразделяют на легкие, умеренные (средние), тяжелые и очень тяжелые.

Однако оценка тяжести упражнения только по энергетическим критериям недостаточна. Поэтому многие классификации физических упражнений наряду с энергетическими характеристиками (отнесенными к весу или поверхности тела) учитывают также ряд других физиологических показателей: скорость потребления  $O_2$ , частоту сердечных сокращений (ЧСС), легочную вентиляцию (ЛВ), температуру тела, дыхательный коэффициент (ДК), содержание молочной кислоты в крови и др. т.е.- физиологическую мощность.

## 2.6. В соответствии с общей кинематической характеристикой упражнений (по биомеханическим критериям)

К *циклическим упражнениям локомоторного* (переместительного) характера относятся бег и ходьба, бег на коньках и на лыжах, плавание, гребля, езда на велосипеде. Для этих упражнений характерно многократное повторение стереотипных циклов движений. При этом относительно постоянны не только общий рисунок движений, но и средняя мощность нагрузки или скорость перемещения спортсмена (велосипеда, лодки) по дистанции.

К *ациклическим* относятся такие упражнения, на протяжении выполнения которых резко меняется характер двигательной активности. Упражнениями такого типа являются все спортивные игры, спортивные единоборства, метания и прыжки, гимнастические и акробатические

упражнения, упражнения на водных и горных лыжах, в фигурном катании на коньках. Для ациклических упражнений характерны также резкие изменения мощности по ходу их выполнения. Это справедливо не только для соревновательных, но и для тренировочных упражнений (например, повторное пробегание отрезков с различной скоростью).

### **Классификация ациклических упражнений**

Ациклические соревновательные упражнения на основе их кинематических и динамических характеристик можно разделить на:

1) взрывные, 2) стандартно-переменные, 3) нестандартно-переменные и 4) интервально-повторные

#### **Физиологическая характеристика ациклических упражнений:**

- сочетание динамической и статической работы;
- характер нагрузки - анаэробный (прыжки, метания) или анаэробно-аэробный (вольные упражнения в гимнастике, произвольная программа в фигурном катании и др.);
- по длительности выполнения соответствуют зонам максимальной и субмаксимальной мощности;
- суммарные энерготраты невысокие из-за краткости выполнения;
- кислородный запрос на работу и кислородный долг (~2 л) – малы;
- значительные требования к вегетативным системам организма не предъявляются.

Ведущие системы - ЦНС, сенсорные системы, двигательный аппарат.

#### **Физиологическая характеристика ситуационных упражнений:**

- переменная мощность работы (*от максимальной до умеренной или полной остановки спортсмена*), сопряженная с постоянными изменениями структуры двигательных действий и направлениями движений,
- изменчивость ситуации на фоне дефицита времени,
- ациклическая или смешанная (*циклическая и ациклическая*) структура движений,
- динамическая скоростно-силовая работа,
- высокая эмоциональность,
- энерготраты сравнительно низкие,
- ЧСС, постоянно колеблется в диапазоне от 130 до 180-190 уд/мин;
- частота дыхания - от 40 до 60 вдохов в 1 мин,
- вес тела спортсмена после соревновательных нагрузок, снижается на 1-3 кг,

Ведущие системы ЦНС, сенсорные системы, двигательный аппарат

*Взрывные упражнения.* К взрывным упражнениям относятся прыжки и метания. Группу прыжков составляют прыжки в легкой атлетике (в длину, в

высоту, тройным, с шестом), прыжки на лыжах с трамплина и прыжки с трамплина в воднолыжном спорте, прыжки в воду, гимнастические и акробатические прыжки. В группу метаний входят легкоатлетические метания: диска, копья, молота, толкание ядра. Частным случаем метаний являются тяжелоатлетические упражнения (рывок и толчок).

Характерная особенность взрывных упражнений – наличие одного или нескольких акцентированных кратковременных усилий большой мощности («взрыва»), сообщающих большую скорость всему телу и (или) верхним конечностям со спортивным снарядом.

Эти взрывные мышечные усилия обуславливают:

- а) дальность прыжка в длину или высоту;
  - б) продолжительность полета, во время которого выполняются сложные движения в воздухе (прыжки в воду, гимнастические и акробатические прыжки);
  - в) максимальную (в легкоатлетических метаниях) или необходимую (в тяжелоатлетических упражнениях) дальность полета спортивного снаряда.
- Все взрывные упражнения имеют очень небольшую продолжительность – от нескольких секунд до немногих десятков секунд.

Значительную часть большинства взрывных упражнений составляют циклические движения – разбег или разгон. Каждое взрывное упражнение выполняется как единое целое, что определяет и особенности обучения таким движениям.

*Стандартно-переменные упражнения* – это соревновательные упражнения в спортивной и художественной гимнастике и акробатике (кроме прыжков), в фигурном катании на коньках и на водных лыжах, в синхронном плавании. Для этих упражнений характерно объединение в непрерывную, строго фиксированную, стандартную цепочку разнообразных сложных действий (элементов), каждое из которых является законченным самостоятельным действием и потому может разучиваться отдельно и входить как компонент в самые разные комбинации (комплексные упражнения).

*Нестандартно-переменные (ситуационные)* упражнения включают все спортивные игры и спортивные единоборства, а также все разновидности горнолыжного спорта. На протяжении выполнения этих упражнений резко и нестандартным образом чередуются периоды с разным характером и интенсивностью двигательной деятельности – от кратковременных максимальных усилий взрывного характера (ускорений, прыжков, ударов) до физической нагрузки относительно невысокой интенсивности, вплоть до полного отдыха (минутные перерывы у боксеров и борцов, остановки в игре, периоды отдыха между таймами в спортивных играх).

В связи с этим в нестандартно-переменных упражнениях можно выделить рабочие периоды, т.е. периоды особенно интенсивной двигательной активности (деятельности), и промежуточные периоды, или периоды относительно мало интенсивной двигательной активности.

К интервально-повторным упражнениям относятся соревновательные, а также комплексные тренировочные упражнения, которые составлены из стандартной комбинации различных или одинаковых элементов, разделенных периодами полного или частичного отдыха. При этом элементы, входящие в такую комбинацию, могут быть однородными (по характеру и интенсивности) циклическими или ациклическими упражнениями.

Так, к интервально-повторным упражнениям относится тренировочное упражнение с повторным пробеганием (проплыванием) определенных отрезков дистанции на большой скорости, чередуемым с периодами полного или частичного отдыха. Другой пример – поднимание штанги несколько раз подряд. К соревновательным интервально-повторным упражнениям относятся биатлон и спортивное ориентирование.

Если во время выполнения комплексных тренировочных упражнений рабочие периоды чередуются с промежуточными периодами полного отдыха, то такие упражнения обозначаются как повторные переменные упражнения.

Если при выполнении упражнения рабочие периоды сменяются промежуточными периодами частичного отдыха, т. е. работой значительно более низкой интенсивности (например, бегом трусцой), то такие упражнения обозначают как интервальные переменные упражнения. По существу, подавляющее большинство комплексных тренировочных упражнений и каждое тренировочное занятие в целом являются интервально-повторными упражнениями.

## **2.7. По предельному времени работы**

### **Зоны относительной мощности (по Фарфелю В.С.):**

- зона максимальной относительной мощности - с предельной продолжительностью упражнений до 20 с,
- зона субмаксимальной относительной мощности - от 20 с до 3-5 мин,
- зона большой относительной мощности - от 3-5 до 30-40 мин,
- зона умеренной относительной мощности - более 40 мин.

### **Зона максимальной мощности**

**Работа в зоне максимальной мощности** кратковременна и совершается в анаэробных условиях. Направленность – анаэробная алактатная, за счет КрФ. Продолжительность 2-30с.

Кислородный запрос составляет 7-14 л, однако даже у самых квалифицированных спортсменов МПК составляет лишь 5-7 л/мин, и кислородный дефицит восполняется по окончании работы. Величина кислородного долга достигает 90 - 95% от кислородного запроса. Повышение уровня молочной кислоты и других продуктов обмена в крови практически не происходит, т. к. за такое короткое время они не успевают образоваться. рН незначительно снижается по сравнению с покоем.

Относительный расход энергии составляет 4 ккал/сек. Эти энерготраты связаны с расходом 10-20 г глюкозы. Усиление дыхания и работы сердца незначительное: ЧСС достигает 150 уд/мин. Систолический объём крови около 80 мл. Систолическое артериальное давление поднимается до 150-180 мм. рт.ст. МОД достигает 30-40 л.

Ведущие причины утомления (снижения работоспособности) в этой зоне: истощение запасов креатинфосфата, высокий кислородный дефицит, изменения в ЦНС. Изменения в ЦНС заключаются в снижении содержания в соответствующих центрах фосфагенов (АТФ, креатинфосфата) и накопление продуктов их распада. Это затрудняет формирование двигательных нервных импульсов, приводит к возникновению охранительного торможения. Нельзя исключать изменения гормонального фона: выброс катехоламинов – необходимое условие активации ферментов.

Основные физиологические резервы связаны с возможностью синаптической передачи отдельных нейронов на высокий темп активности, а так же с запасами креатинфосфата и миозина и способностью миозиновых и актиновых протофибрилл сокращаться и расслабляться с большой скоростью.

Для совершенствования креатинфосфокиназного механизма энергообеспечения используют прохождение отрезков дистанции такой длины, чтобы время, затраченное на их преодоление, находилось в пределах 3-8 с. В течение этого времени мощность креатинфосфокиназного механизма находится на пике.

### **Зона субмаксимальной мощности**

Предельное время удержания субмаксимальной мощности работы от 20-30 с до 3-5 мин. Направленность работы – анаэробная лактатная. Продукты гликолиза успевают диффундировать в кровь. Концентрация молочной кислоты достигает 250 мг %, а pH крови снижается до 7,0. В крови так же отмечается повышенное содержание креатина, креатинина, гистамина. Их появление вызывает расширение сосудов работающих мышц (рабочая гиперемия). Рефлекторно они вызывают увеличение сердечной деятельности и дыхания.

Под влиянием анаэробного распада увеличивается проницаемость клеточных мембран для белков, что приводит к увеличению их содержания в крови и появлению в моче, где их концентрация достигает 1,5%. Нейтрализация лактата бикарбонатным буфером приводит к образованию не в дыхании углекислого газа (“неметаболический” избыток  $\text{CO}_2$ , так называемый Excess  $\text{CO}_2$ ), что меняет соотношение  $\text{CO}_2 / \text{O}_2$  в крови, за счёт увеличения парциального давления  $\text{CO}_2$ .

Максимальное артериальное давление повышается до 180-240 мм. рт.ст., ЧСС до 180-200 уд/мин. Систолический объём крови достигает 150-200 мл, нарастание лёгочной вентиляции – до 150 л/мин. Увеличивается потребление кислорода, но уровень МПК обычно не достигается. Организм работает в условиях гипоксии. Кислородный долг может достигать 20 - 40 л. Отношение потребления кислорода к кислородному запросу составляет 1/3.

Частота дыхания повышается до 70 дых.д/мин т.е. кислородный долг составляет 50-90% от запроса. Относительный расход энергии равен 1,5-0,6 ккал/с, суммарно равен 450 ккал, что требует расходования около 100 г глюкозы. Энерготраты ещё не лимитируют работу, а вегетативные системы обеспечения работы ещё не исчерпывают возможностей, т.к. минутный объём крови и минутный объём дыхания приближаются к своему максимуму лишь к концу работы.

Ведущей причиной утомления при работе в зоне субмаксимальной мощности является образование значительных количеств молочной кислоты. Отрицательное воздействие молочной кислоты сводится к следующему: 1) под влиянием лактата происходит сдвиг рН внутренних сред в кислую сторону; общеизвестно, что активность ферментов существенно зависит от рН: сдвиг рН даже на 0,1-0,2 может резко снизить или вовсе подавить активность ферментов; 2) будучи осмотически активным веществом, лактат притягивает воду из межклеточной жидкости в клетку; это вызывает набухание мышечного волокна, ощущение “забитости” мышц, боли, вплоть до механического повреждения клеточных мембран; 3) молочная кислота непосредственно воздействует на белки, в т.ч. – сократительные, ухудшая сократительную способность; 4) на уровне митохондрии действие лактата может проявиться в нарушении мембран, проницаемости их для кислорода, прямом влиянии на ферменты аэробной фазы окисления, ТЭЦ и, следовательно, на фосфорилирование; 5) действие лактата не ограничивается только мышечными клетками; так закисление клеток ЦНС нарушает их функции по анализу сигналов от периферических рецепторов и формированию двигательных импульсов; 6) лактат может выступать антагонистом АцХ по передаче импульсов в синапсах, что нарушает импульсацию мышечных волокон.

Организм имеет несколько линий защиты от лактата: 1) буфера; 2) активацию аэробного окисления; 3) адаптацию ферментных систем к сдвигу рН; 4) обезвреживание лактата в защитных синтетических реакциях (например, гликогена в печени).

Основными физиологическими резервами при работе субмаксимальной мощности являются резервы поддержания гомеостаза: щелочные и буферные системы, работа кардиореспираторной системы, обеспечивающей поступление и транспорт кислорода, и выведение углекислого газа, обезвреживающая функция печени, органы выделения.

Для совершенствования гликолитического энергообеспечения используются отрезки дистанции, время прохождения которых может колебаться от 20-30 до 90-120с. Интенсивность работы должна быть до 90-95 % от соревновательной. В этих условиях главный поставщик энергии – гликолиз.

### **Зона большой мощности**

Работа большой мощности может продолжаться до 20-30 мин. Энергообеспечение в данной зоне мощности имеет смешанный характер: при небольшой (минуты) продолжительности анаэробный, затем – анаэробно-



аэробный, затем аэробно-анаэробный и, наконец, аэробный. В результате активации механизмов нервной и гуморальной регуляции продуктами анаэробного обмена работа кардиореспираторной системы достигает околопредельного уровня. Частота сердечных сокращений составляет 180 уд/мин. Минутный объем кровообращения достигает 30-35 л. Систолический объем равен 150-200 мл, систолическое давление достигает 180-200 мм. рт. ст. МОД равен 150 л. Усиление потоотделения влечёт за собой удаление из организма молочной кислоты. Удельный расход энергии составляет 0,5-0,4 ккал/с, а суммарный – достигает 900 ккал, что требует около 200 г глюкозы. Это предъявляет определённые требования к механизмам уровня глюкозы, регуляции в крови в частности, гормонами надпочечных и поджелудочной желез.

Кислородный запрос при данной мощности работы возрастает до 6,5-4,5 литров в минуту, а суммарный – от 50 до 150 л. Реальное потребление кислорода приближается к кислородному запросу и их отношение составляет 5/6. Абсолютная величина кислородного долга 12-15 л. Частота дыхания составляет 50-70 дых. дв. мин. Концентрация молочной кислоты в крови удерживается около 200 мг/%, а глюкозы – 80-110 мг/%. Одним из факторов, вызывающих утомление в зоне большой мощности, остаётся накопление молочной кислоты.

Основными физиологическими резервами этой работы являются резервы, определяющие мощность и устойчивость механизмов поддержания гомеостаза, перераспределение крови в организме с максимальным кровообращением в работающих мышцах, усиление работы выделительных систем, а также возможность волевого преодоления нарастающего утомления за счёт включения активирующих механизмов мозга.

### **Зона умеренной мощности**

Работа умеренной мощности может продолжаться до 1 ч и более. Энергообеспечение при данной мощности работы полностью удовлетворяется за счёт аэробного окисления. Роль анаэробных процессов ограничивается их участием в энергообеспечении начальных этапов работы, различных рывков, ускорений и т.п. Потребление кислорода соответствует кислородному запросу, что составляет около 3-4 литров в минуту. Суммарный кислородный запрос достигает 500 л. Относительный расход энергии равен 0,3 ккал/сек, а суммарный расход энергии составляет 2-3 тыс. ккал. Кислородный долг незначителен по отношению к запросу. Минутный объем дыхания находится на уровне 80-130. МОК при умеренной мощности работы достигает 20-25 л/мин. Систолический объем равен 120-140 мл, ЧСС=160-180 уд/мин. Очень большой суммарный расход энергии требует до 1500г глюкозы. Резервы глюкозы в печени резко уменьшаются, а уровень глюкозы в крови падает от 110-80 мг/% до 50-40 мг/%. Организму может угрожать гипогликемическая кома, поэтому происходит переключение обмена на окисление жиров. В результате мобилизации жиров из жировых депо в кровь поступают жирные кислоты, глицерин, используемые не только мышцами в качестве источника энергии. Значительную

функциональную нагрузку несут железы внутренней секреции, особенно надпочечники. Накопление в крови молочной кислоты и недоокисленных продуктов невелико. Кислотность крови и её газовый состав нормальны. Буферные системы и системы выделения не лимитируют работу организма. Основным фактором, вызывающим утомление при длительной динамической работе, является снижение концентрации глюкозы в крови, поскольку для мозга и некоторых других тканей глюкоза – единственный энергетический субстрат. Но это – не единственный фактор утомления. К утомлению при длительной, даже умеренной работе приводит истощение не только глюкозы, но и других функциональных ресурсов. В частности, должно сохраняться на протяжении всей работы гормональное воздействие на энергетические депо. Поскольку гормоны – коротко живущие вещества, их усиленная продукция должна поддерживаться постоянно. Снижение продукции гормонов может привести к понижению скорости мобилизации энергетических субстратов и соответственно, снижению работоспособности.

Затем, существенное влияние на работоспособность при длительной работе могут оказывать изменения в белковом обмене. Увеличение скорости распада и снижение биосинтеза приводит к истощению структурных и других белков и накоплению азотистых продуктов распада: мочевины, аммиака, мочевой кислоты, оказывающих неблагоприятное воздействие. Накапливаются и промежуточные продукты липидного обмена; такие, как ацетон и  $\beta$ -оксимасляная кислота также могут быть токсичными.

Длительные физические упражнения сопровождаются заметными потерями воды и минеральных солей с потом. Роль воды и минеральных солей хорошо известна, в частности, здесь разбиралась роль  $\text{Ca}^{2+}$  в сокращении мышечного волокна, а ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  имеют самое непосредственное отношение к возникновению в мышечном волокне потенциала действия.

Наконец, при длительной работе происходят изменения не только в мышцах, а и в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной системе, в центрах ЦНС, в синапсах т.п. Можно утверждать, что если при работе максимальной мощности причиной утомления служат локальные изменения в мышцах и ЦНС, то длительная работа вызывает глобальные биохимические и физиологические сдвиги, приводящие к истощению и снижению работоспособности не столько за счёт самих мышечных волокон, сколько за счёт систем их обеспечения.

Физиологическими резервами при длительной работе в этой зоне являются, в первую очередь, резервы глюкозы и механизмы её мобилизации; механизмы терморегуляции и механизмы использования жиров в качестве источника энергии, а также резервы воды и солей и регуляторных, и выделительной системы.

Для развития аэробных возможностей тренировочные упражнения должны обеспечивать, с одной стороны, максимальное повышение кислород связывающей способности крови, дыхания и кровообращения, а также утилизации кислорода в тканях, и с другой стороны – возможностей

регуляторных систем. С этой целью может использоваться равномерный метод и различные варианты повторного и равномерного методов.

Следует специально обратить внимание на условность деления на зоны мощности. Люди различной тренированности, совершая одну и ту же работу, будут попадать в различные зоны мощности, т. е. она будет означать для них разную интенсивность. Кроме того, по мере нарастания утомления в процессе работы относительная зона мощности будет сдвигаться от большей к меньшей.

### 3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

1. *Предстартовое состояние и разминка.*

2. *Врабатывание. «мертвая точка» и «второе дыхание». Устойчивое состояние.*

Во время тренировочных занятий или соревнований функциональное состояние человека изменяется, что позволяет выделить три периода: предрабочий, рабочий и послерабочий. Предрабочий период включает предстартовое состояние и разминку. Рабочий период включает вработывание, устойчивое состояние, «мёртвую точку» и «второе дыхание», утомление. В послерабочем периоде идут восстановительные процессы.

#### 3.1.Разминка

В подготовке организма к предстоящей работе очень велика роль разминки, так как здесь к условнорефлекторному механизму предстартовых состояний подключаются безусловнорефлекторные реакции, вызванные работой мышц.

Различают общую и специальную часть разминки.

*Общая разминка* неспецифична. Она направлена на повышение функционального состояния организма и создание оптимального возбуждения центральных и периферических звеньев двигательного аппарата. Еще до начала работы создаются условия для формирования новых двигательных навыков и наилучшего проявления физических качеств. Разогревание мышц снижает их вязкость, повышает гибкость суставно-связочного аппарата, способствует отдаче тканям кислорода из оксигемоглобина крови, активизирует ферменты и ускоряет протекание биохимических реакций. Однако разминка не должна доводить спортсмена до выраженного утомления и вызывать повышение температуры тела выше 38° С, что вызовет отрицательный эффект.

*Специальная часть* разминки обеспечивает специфическую подготовку к предстоящей работе именно тех нервных центров и скелетных мышц, которые несут основную нагрузку. Происходит оживление рабочих доминант и созданных на их базе двигательных динамических стереотипов, вегетативные сдвиги достигают уровня, необходимого для быстрого вхождения в работу.

Оптимальная длительность разминки составляет 10-30 мин, а интервал до работы не должен превышать 15 мин, после чего эффект разминки снижается.

#### 3.2. Предстартовое состояние.

Еще до начала выполнения мышечной работы, в процессе ее ожидания, происходит целый ряд изменений в разных функциях организма. Значение этих изменений состоит в подготовке организма к успешному выполнению предстоящей деятельности.

Предстартовое изменение функций происходит за несколько минут, часов или даже дней (если речь идет об ответственном соревновании) до начала мышечной работы. Иногда выделяют отдельно стартовое состояние, характерное для последних минут перед стартом (началом работы), во время которого функциональные изменения особенно значительны.) Они переходят непосредственно в фазу быстрого изменения функции в начале работы (период вработывания).

В предстартовом состоянии происходят самые разные перестройки в различных функциональных системах организма. Большинство этих перестроек сходно с теми, которые происходят во время самой работы: учащается и углубляется дыхание, т. е. растет ЛВ, усиливается газообмен (потребление  $O_2$ ), учащаются и усиливаются сокращения сердца (растет сердечный выброс), повышается артериальное давление (АД), увеличивается концентрация молочной кислоты в мышцах и крови, повышается температура тела и т. д. Таким образом, организм как бы переходит на некоторый «рабочий уровень» еще до начала деятельности, и это обычно способствует успешному выполнению работы.

По своей природе предстартовые изменения функций являются условнорефлекторными нервными и гормональными реакциями. Условнорефлекторными раздражителями в данном случае служат место, время предстоящей деятельности, а также второсигнальные, речевые раздражители. Важнейшую роль при этом играют эмоциональные реакции. Поэтому наиболее резкие изменения в функциональном состоянии организма наблюдаются перед спортивными соревнованиями

Потребление  $O_2$ , основной обмен, ЛВ перед стартом могут в 2-2,5 раза превышать обычный уровень покоя. У спринтеров, горнолыжников ЧСС на старте может достигать 160 уд/мин. Это связано с усилением деятельности симпатoadреналовой системы, активируемой лимбической системой головного мозга (гипоталамусом, лимбической долей коры). Активность этих систем увеличивается еще до начала работы, о чем свидетельствует, частности, повышение концентрации норадреналина и адреналина. Под влиянием катехоламинов и других гормонов ускоряются процессы расщепления гликогена в печени, жиров в жировом депо, так что еще до начала работы в крови повышается содержание энергетических субстратов – глюкозы, свободных жирных кислот. Усиление симпатической активности через холинэргические волокна, интенсифицируя гликолиз в скелетных мышцах, вызывает расширение их кровеносных сосудов (холинэргическая вазодилатация).

Уровень и характер предстартовых сдвигов, часто соответствует особенностям тех функциональных изменений, которые происходят во время выполнения самого упражнения. Например, ЧСС перед стартом в среднем тем выше, чем короче дистанция предстоящего бега, т. е. чем выше ЧСС во время выполнения упражнения. В ожидании бега на средние дистанции систолический объем увеличивается относительно больше, чем перед спринтерским бегом. Таким образом, предстартовые изменения

физиологических функций довольно специфичны, хотя количественно выражены, конечно, значительно слабее происходящих во время работы.

Особенности предстартового состояния во многом могут определять спортивную работоспособность. Не во всех случаях предстартовые изменения оказывают положительное влияние на спортивный результат.

В зависимости от характера изменений физиологических функций и эмоционального статуса спортсмена выделяют три вида предстартовых состояний. Боевая готовность характеризуется умеренным эмоциональным возбуждением и оптимальными изменениями в функциональном состоянии центральной нервной системы: повышается возбудимость и лабильность двигательного аппарата, усиливается деятельность органов дыхания и кровообращения, что обеспечивает высокий спортивный результат.

Предстартовая лихорадка характеризуется резко выраженным возбуждением центральной нервной системы, что снижает способность к дифференцированию раздражителей и может привести к тактическим ошибкам. Кроме этого, имеют место значительные вегетативные сдвиги (учащение сердцебиений, повышение температуры тела и газообмена). Данное состояние может привести как к повышению, так и понижению спортивной работоспособности. Предстартовая апатия характеризуется преобладанием тормозных процессов, приводящих, как правило, к снижению спортивного результата (табл. 1).

Таблица 1

Виды предстартовых состояний и их характеристика

Предстартовые состояния		
Боевая готовность	Предстартовая лихорадка	Предстартовая апатия
оптимальные изменения в ЦНС	резко выраженное возбуждение ЦНС	преобладание тормозных процессов в ЦНС
высокий спортивный результат	как повышение, так и понижение спортивного результата	снижение спортивного результата

Способы регуляции предстартовых состояний:

- разминка (используется для установления оптимальных взаимоотношений между возбуждательными и тормозными процессами в ЦНС);
- словесные воздействия на вторую сигнальную систему;
- массаж и гипервентиляция (усиливают поток афферентных импульсов и способствуют оптимизации возбуждательных процессов);
- аутогенная и психорегулирующая тренировки.

### **3.3. Вrabатывание. «Мертвая точка», «Второе дыхание».**

**Вrabатывание** – это первая фаза функциональных изменений, происходящих во время работы. Тесно связаны с процессом вrabатывания явления «мертвой точки» и «второго дыхания».

Вrabатывание. Вrabатывание происходит в начальный период работы, на протяжении которого быстро усиливается деятельность функциональных систем, обеспечивающих выполнение данной работы. В процессе вrabатывания происходят:

- 1) настройка нервных и нейрогормональных механизмов управления движениями и вегетативных процессов;
- 2) постепенное формирование, необходимого стереотипа движений (по характеру, форме, амплитуде, скорости, силе и ритму), т. е. улучшение координации движений;
- 3) достижение требуемого уровня вегетативных функций, обеспечивающих данную мышечную деятельность.

Первая особенность вrabатывания – относительная замедленность в усилении вегетативных процессов, инертность в разворачивании вегетативных функций, что в значительной мере связано с характером нервной и гуморальной регуляции этих процессов в данный период.

Вторая особенность вrabатывания – гетерохронизм, т.е. неодновременность, в усилении отдельных функций организма. Вrabатывание двигательного аппарата протекает быстрее, чем вегетативных систем. С неодинаковой скоростью изменяются разные показатели, деятельности вегетативных систем, концентрация метаболитических веществ в мышцах и крови. Например, ЧСС растет быстрее, чем сердечный выброс и АД, ЛВ усиливается быстрее, чем потребление  $O_2$ .

Третьей особенностью вrabатывания является наличие прямой зависимости между интенсивностью (мощностью) выполняемой работы и скоростью изменения физиологических функций: чем интенсивнее выполняемая работа, тем быстрее происходит начальное усиление функций организма, непосредственно связанных с ее выполнением. Поэтому длительность периода вrabатывания находится в обратной зависимости от интенсивности (мощности) упражнения.

Четвертая особенность вrabатывания состоит в том, что оно протекает при выполнении одного и того же упражнения тем быстрее, чем выше уровень тренированности спортсмена.

Поскольку деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем, обеспечивающих доставку  $O_2$  к работающим мышцам, усиливается постепенно, в начале почти любой работы сокращение мышц осуществляется главным образом за счет энергии анаэробных механизмов, т. е. за счет расщепления АТФ, КрФ, анаэробного гликолиза с образованием молочной кислоты. Имеющееся в начале работы несоответствие между потребностями организма (работающих мышц) в кислороде и их реальным удовлетворением в период вrabатывания приводит к образованию кислородного дефицита, или  $O_2$ -дефицита. Замедленное увеличение потребления  $O_2$  в начале работы,

приводящее к образованию  $O_2$ -дефицита, прежде всего объясняется инертным усилением деятельности систем дыхания и кровообращения, т. е. медленным приспособлением кислород-транспортной системы к мышечной деятельности. Чем быстрее (короче) протекает процесс вработывания, тем меньше  $O_2$ -дефицит. Поэтому при выполнении одинаковых аэробных упражнений  $O_2$ -дефицит у тренированных спортсменов меньше чем у нетренированных людей.

Через несколько минут после начала напряженной и продолжительной работы у нетренированного человека часто возникает особое состояние, называемое «мертвой точкой» (иногда оно отмечается и у тренированных спортсменов). Чрезмерно интенсивное начало работы повышает вероятность появления этого состояния. Оно характеризуется тяжелыми субъективными ощущениями, среди которых главное – ощущение одышки. Кроме того, человек испытывает чувство стеснения в груди, головокружение, ощущение пульсации сосудов головного мозга, иногда боли в мышцах, желание прекратить работу. Объективными признаками состояния «мертвой точки» служат частое и относительно поверхностное дыхание, повышенное потребление  $O_2$  и увеличенное выделение  $CO_2$  с выдыхаемым воздухом, большой вентиляционный эквивалент кислорода, высокая ЧСС, повышенное содержание  $CO_2$  в крови и альвеолярном воздухе, сниженное рН крови, значительное потоотделение.

Общая причина наступления «мертвой точки» состоит, вероятно, в возникающем в процессе вработывания несоответствии между высокими потребностями рабочих мышц в кислороде и недостаточным уровнем функционирования кислородтранспортной системы, призванной обеспечивать организм кислородом. В результате в мышцах и крови накапливаются продукты анаэробного метаболизма, и прежде всего молочная кислота. Это касается и дыхательных мышц, которые могут испытывать состояние относительной гипоксии из-за медленного перераспределения сердечного выброса в начале работы между активными и неактивными органами и тканями тела.

Преодоление временного состояния «мертвой точки» требует больших волевых усилий. Если работа продолжается, то сменяется чувством внезапного облегчения, которое прежде и чаще всего проявляется в появлении нормального («комфортного») дыхания. Поэтому состояние, сменяющее «мертвую точку», называют «вторым дыханием». С наступлением этого состояния ЛВ обычно уменьшается, частота дыхания замедляется, а глубина увеличивается, ЧСС также может несколько снижаться. Потребление  $O_2$  и выделение  $CO_2$  с выдыхаемым воздухом уменьшаются, рН крови растет. Потоотделение становится очень заметным. Состояние «второго дыхания» показывает, что организм достаточно мобилизован для удовлетворения рабочих запросов. Чем интенсивнее работа, тем раньше наступает «второе дыхание».

При выполнении упражнений постоянной аэробной мощности вслед за периодом быстрых изменений функций организма (вработыванием) следует



период устойчивого состояния потребление  $O_2$  при выполнении упражнений малой аэробной мощности, он обнаружил, что скорость потребления  $O_2$  вслед за быстрым нарастанием в начале упражнения далее устанавливается на определенном уровне и практически сохраняется неизменной на протяжении многих десятков минут. При выполнении упражнений небольшой мощности на протяжении периода устойчивого состояния имеется количественное соответствие между потребностью организма в кислороде (кислородным запросом) и ее удовлетворением. Поэтому такие упражнения А. Хилл отнес к упражнениям с истинно устойчивым состоянием. Кислородный долг после непродолжительного их выполнения практически равен лишь кислородному дефициту, возникающему в начале работы.

При более интенсивных нагрузках – средней, субмаксимальной и околوماксимальной аэробной мощности – вслед за периодом быстрого увеличения скорости потребления  $O_2$  (вработывания) следует период, на протяжении которого она хотя и очень мало, но постепенно повышается. Поэтому второй рабочий период в этих упражнениях можно обозначить только как условно устойчивое состояние. В аэробных упражнениях большой мощности уже нет полного равновесия между кислородным запросом и его удовлетворением во время самой работы. Поэтому после них регистрируется кислородный долг, который тем больше, чем больше мощность работы и ее продолжительность.

В упражнениях максимальной аэробной мощности после короткого периода вработывания потребление  $O_2$  достигает уровня МПК (кислородного потолка) и потому больше увеличиваться не может. Далее оно поддерживается на этом уровне, иногда снижаясь лишь ближе к концу упражнения. Поэтому второй рабочий период в упражнениях максимальной аэробной мощности называют периодом ложного устойчивого состояния.

В упражнениях анаэробной мощности вообще нельзя выделить второй рабочий период, так как на протяжении всего времени их выполнения быстро повышается скорость потребления  $O_2$  (и происходят изменения других физиологических функций). В этом смысле можно сказать, что в упражнениях анаэробной мощности есть только период вработывания.

При выполнении упражнений любой аэробной мощности на протяжении второго периода (с истинно, условно или ложно устойчивым состоянием, определяемый по скорости потребления  $O_2$ ) многие ведущие физиологические показатели медленно изменяются. Эти относительно медленные функциональные изменения получили название «дрейфа». Чем больше мощность упражнения, тем выше скорость «дрейфа» функциональных показателей, и наоборот, чем ниже мощность упражнения (чем оно продолжительнее), тем ниже скорость «дрейфа».

Таким образом, во всех упражнениях аэробной мощности с уровнем потребления  $O_2$  более 50% от МПК, как и во всех упражнениях анаэробной мощности, нельзя выделить рабочий период с истинно устойчивым, неизменным состоянием функций ни по скорости потребления  $O_2$ , ни тем

более по другим показателям. Для упражнений такой большой аэробной мощности основной рабочий период можно обозначить как псевдо (квази) устойчивое состояние.

В период квазиустойчивого состояния организма происходит постепенная перестройка в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервно-мышечной, эндокринной и других систем. На протяжении этого периода медленно снижается систолический объем, но компенсаторно увеличивается ЧСС, так что сердечный выброс (минутный объем кровотока) остается практически неизменным. Уменьшается и затем постепенно, но не полностью восстанавливается объем циркулирующей крови. Происходит перераспределение кровотока с увеличением кожного кровотока, что способствует усилению теплоотдачи. Несмотря на эти и другие терморегуляторные перестройки, температура тела непрерывно повышается. В период квазиустойчивого состояния постоянно изменяется также АД, особенно систолическое.

В процессе выполнения упражнения все время повышается ЛВ, как за счет частоты, так и за счет глубины дыхания. Растет альвеолярно-артериальная разность по кислороду. Парциальное напряжение  $\text{CO}_2$  и рН артериальной крови имеют тенденцию к снижению. Постепенно увеличивается  $\text{ABP-O}_2$ , что при относительно неизменном сердечном выбросе обеспечивает некоторое повышение скорости потребления  $\text{O}_2$ , а при тенденции к снижению сердечного выброса – поддержание относительно постоянной скорости потребления  $\text{O}_2$ . Дыхательный коэффициент на протяжении периода квазиустойчивого состояния постепенно снижается, что указывает на увеличение доли участия окисляемых жиров и соответственно уменьшение доли участия окисляемых углеводов в аэробном обеспечении работы.

### **"Мертвая точка" и "второе дыхание"**

Через несколько минут после начала напряженной и продолжительной работы у нетренированного человека часто возникает особое состояние, называемое «мертвой точкой» (иногда оно отмечается и у тренированных спортсменов). Чрезмерно интенсивное начало работы повышает вероятность появления этого состояния. Оно характеризуется тяжелыми субъективными ощущениями, среди которых главное – ощущение одышки. Кроме того, человек испытывает чувство стеснения в груди, головокружение, ощущение пульсации сосудов головного мозга, иногда боли в мышцах, желание прекратить работу. Объективными признаками состояния «мертвой точки» служат частое и относительно поверхностное дыхание, повышенное потребление  $\text{O}_2$  и увеличенное выделение  $\text{CO}_2$  с выдыхаемым воздухом, большой вентиляционный эквивалент кислорода, высокая ЧСС, повышенное содержание  $\text{CO}_2$  в крови и альвеолярном воздухе, сниженное рН крови, значительное потоотделение.

Общая причина наступления «мертвой точки» состоит, вероятно, в возникающем в процессе вработывания несоответствии между высокими

потребностями рабочих мышц в кислороде и недостаточным уровнем функционирования кислородтранспортной системы, призванной обеспечивать организм кислородом. В результате в мышцах и крови накапливаются продукты анаэробного метаболизма, и прежде всего молочная кислота. Это касается и дыхательных мышц, которые могут испытывать состояние относительной гипоксии из-за медленного перераспределения сердечного выброса в начале работы между активными и неактивными органами и тканями тела.

Преодоление временного состояния «мертвой точки» требует больших волевых усилий. Если работа продолжается, то сменяется чувством внезапного облегчения, которое прежде и чаще всего проявляется в появлении нормального («комфортного») дыхания. Поэтому состояние, сменяющее «мертвую точку», называют «вторым дыханием». С наступлением этого состояния ЛВ обычно уменьшается, частота дыхания замедляется, а глубина увеличивается, ЧСС также может несколько снижаться. Потребление  $O_2$  и выделение  $CO_2$  с выдыхаемым воздухом уменьшаются, рН крови растет. Потоотделение становится очень заметным. Состояние «второго дыхания» показывает, что организм достаточно мобилизован для удовлетворения рабочих запросов. Чем интенсивнее работа, тем раньше наступает «второе дыхание».

### **3.4. Устойчивое состояние**

При длительной циклической работе относительно постоянной мощности (в зонах большой и умеренной мощности, частично субмаксимальной мощности) в организме спортсмена возникает устойчивое состояние (steady state), которое продолжается от момента завершения вработывания до начала утомления.

По характеру снабжения организма кислородом выделяют 2 вида устойчивого состояния.

- Кажущееся (или ложное) устойчивое состояние (при работе большой и субмаксимальной мощности), когда спортсмен достигает уровня максимального потребления кислорода, но это потребление не покрывает высокого кислородного запроса и образуется значительный кислородный долг.
- Истинное устойчивое состояние при работе умеренной мощности, когда потребление кислорода соответствует кислородному запросу, и кислородный долг почти не образуется.

При выполнении упражнений постоянной аэробной мощности вслед за периодом быстрых изменений функций организма (вработыванием) следует период устойчивого состояния. Скорость потребления  $O_2$  вслед за быстрым нарастанием в начале упражнения далее устанавливается на определенном уровне и практически сохраняется неизменной на протяжении многих десятков минут.

При выполнении упражнений небольшой мощности на протяжении периода устойчивого состояния имеется количественное соответствие между

потребностью организма в кислороде (кислородным запросом) и ее удовлетворением. Поэтому такие упражнения относят к истинно устойчивым состоянием. Кислородный долг после непродолжительного их выполнения практически равен лишь кислородному дефициту, возникающему в начале работы.

При более интенсивных нагрузках вслед за периодом быстрого увеличения скорости потребления  $O_2$  (вработывания) следует период, на протяжении которого она хотя и очень мало, но постепенно повышается. Поэтому второй рабочий период в этих упражнениях можно обозначить только как условно устойчивое состояние.

За исключением кратковременных циклических упражнений максимальной мощности, во всех других зонах мощности после окончания вработывания устанавливается устойчивое состояние. При этом мощность работы, несмотря на некоторые отклонения, практически близка к постоянной. Такое состояние характеризуется следующими особенностями.

- Мобилизация всех систем организма на высокий рабочий уровень (главным образом, кардиореспираторной системы и системы крови, обеспечивающих достижение МПК).

- Стабилизация множества показателей, влияющих на спортивные результаты — длины и частоты шагов, амплитуды колебаний общего центра масс, частоты и глубины дыхания, частоты сердечных сокращений, уровня потребления кислорода и пр. (хотя некоторые показатели могут монотонно возрастать, например, температура тела, или снижаться, например, оксигенация крови).

- Согласование работы различных систем организма, которое сменяет их дискоординацию в период вработывания — например, устанавливается определенное соотношение темпа дыхания и движения (1:1, 1:3 и др.).

У тренированных спортсменов выраженность устойчивого состояния и КПД работы больше, чем у нетренированных лиц. Оно у них дольше продолжается.

В период квазиустойчивого состояния организма происходит постепенная перестройка в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервно-мышечной, эндокринной и других систем. На протяжении этого периода медленно снижается систолический объем, но компенсаторно увеличивается ЧСС, так что сердечный выброс (минутный объем кровотока) остается практически неизменным. Уменьшается и затем постепенно, но не полностью восстанавливается объем циркулирующей крови. Происходит перераспределение кровотока с увеличением кожного кровотока, что способствует усилению теплоотдачи. Несмотря на эти и другие терморегуляторные перестройки, температура тела непрерывно повышается. В период квазиустойчивого состояния постоянно изменяется также АД, особенно систолическое.

В процессе выполнения упражнения все время повышается ЛВ, как за счет частоты, так и за счет глубины дыхания. Растет альвеолярно-артериальная разность по кислороду. Парциальное напряжение  $\text{CO}_2$  и pH артериальной крови имеют тенденцию к снижению. Постепенно увеличивается  $\text{ABP-O}_2$ , что при относительно неизменном сердечном выбросе обеспечивает некоторое повышение скорости потребления  $\text{O}_2$ , а при тенденции к снижению сердечного выброса – поддержание относительно постоянной скорости потребления  $\text{O}_2$ . Дыхательный коэффициент на протяжении периода квазистойчивого состояния постепенно снижается, что указывает на увеличение доли участия окисляемых жиров и соответственно уменьшение доли участия окисляемых углеводов в аэробном обеспечении работы.

## 4. УТОМЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ

1. Утомление как биологический процесс.
2. Восстановление и физиологические закономерности восстановительного периода.

### 4.1. Утомление как биологический процесс

#### 4.1.1. Особенности утомления в различных режимах мышечной работы

Утомление является важнейшей проблемой физиологии спорта и одним из наиболее актуальных вопросов медико-биологической оценки тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов. Знание механизмов утомления и стадий его развития позволяет правильно оценить функциональное состояние и работоспособность спортсменов и должно учитываться при разработке мероприятий, направленных на сохранение здоровья и достижение высоких спортивных результатов.

**Утомлением** называется особое состояние, возникающее как следствие работы и проявляющееся в ухудшении двигательных и вегетативных функций и их координации, понижении работоспособности и появлении чувства усталости. Это состояние имеет временный характер и исчезает через некоторое время после прекращения работы, т. е. во время отдыха.

Исходя из этого, принято выделять два основных вида утомления — физическое и умственное, хотя такое деление достаточно условно.

Таким образом, главным и объективным признаком утомления человека является снижение его работоспособности. Однако понижение работоспособности не всегда является симптомом утомления.

Работоспособность может снизиться вследствие пребывания человека в неблагоприятных условиях (высокая температура и влажность воздуха, пониженное парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе и др.).

С другой стороны, длительная работа с умеренным напряжением может протекать на фоне выраженного утомления, но без снижения производительности. Следовательно, снижение работоспособности является признаком утомления только тогда, когда известно, что оно наступило вследствие конкретно выполненной физической или умственной работы. При утомлении работоспособность снижается временно, она быстро восстанавливается при ежедневном обычном отдыхе.

Внешние проявления мышечного утомления зависят от характера выполняемых физических упражнений, особенностей внешней среды и личных индивидуальных особенностей спортсменов.

К внешним проявлениям утомления, часто встречающимся в спорте, относятся: нарушение координации движений, падение производительности работы, одышка, чрезмерная потливость, покраснение кожных покровов и др.

Эти внешние проявления обусловлены как ухудшением работы периферических органов, так и расстройством координации их деятельности нервной системой.

Изменение координации функций периферических органов, возникающее через некоторое время после начала работы происходит в одних случаях еще до снижения работоспособности исполнительных аппаратов и представляют собою как бы профилактическое мероприятие, позволяющее более длительно сохранить высокую эффективность работы. В других случаях оно наступает вследствие расстройства функций нервной системы, которое бывает при сильном утомлении.

Ухудшение функций периферических органов при работе, возникающее в результате неполноценной нервной регуляции, может проявляться в различных формах. Во-первых, могут снижаться показатели деятельности различных органов и систем органов (например, уменьшаются минутный объем легочной вентиляции, минутный объем крови, потребление кислорода). Во-вторых, вследствие нарушения координации может наблюдаться более высокая, чем необходимо, степень мобилизации функций периферических органов. Это выражается в меньшей экономичности работы различных систем организма, в особенности при перерасчете затраченной энергии на 1 кг веса тела, на 1 м пройденной дистанции или на 1 единицу времени.

В целях сохранения работоспособности периферических исполнительных аппаратов нервная система может изменять формы координации их деятельности: заменять работу одних мышечных элементов другими, уменьшать глубину дыхательных движений и т. д.

Состояние утомления имеет свою динамику — усиливается во время работы и уменьшается в процессе отдыха (активного, пассивного и сна). Утомление можно рассматривать как естественное нормальное функциональное состояние организма в процессе труда.

Другим важным критерием оценки утомления является изменение функций организма в период работы. При этом в зависимости от степени утомления функциональные сдвиги могут носить различный характер. В начальной стадии утомления клинико-физиологические и психофизиологические показатели отличаются неустойчивостью и разнонаправленным характером изменений, однако их колебания, как правило, не выходят за пределы физиологических нормативов. При хроническом утомлении, и особенно переутомлении, имеет место однонаправленное значительное ухудшение всех функциональных показателей организма с одновременным снижением уровня профессиональной деятельности человека.

Процесс утомления характеризуется и еще одним признаком — субъективным симптомом, *усталостью* (тяжесть в голове, конечностях, общая слабость, разбитость, вялость, недомогание, трудность выполнения работы и т. д.). Ощущая усталость, человек снижает темп работы или вовсе ее прекращает. Этим самым предотвращается «функциональное истощение» корковых клеток и обеспечивается возможность быстрого восстановления работоспособности человека.

Однако выраженность усталости не всегда соответствует степени утомления, т. е. объективным прямым и косвенным показателям работоспособности. В основе этого несоответствия в первую очередь лежит разная эмоциональная настройка работающего на выполняемую работу. При выполнении приятной или социально-значимой работы, при высокой мотивации работающего, усталость не возникает у него в течение длительного времени.

Наоборот, при бесцельной, неинтересной работе усталость может возникнуть, когда объективно утомление или вовсе еще не наступило, или выраженность его далеко не соответствует степени усталости.

Следовательно, один и тот же признак утомления является информативным только в конкретных условиях деятельности и при определенном состоянии организма. Поэтому для констатации утомления в каждом виде работы целесообразно использовать особый набор прямых и косвенных показателей, адекватный для данного вида труда.

Основой механизма утомления является ослабление основных нервных процессов в коре головного мозга, нарушение их уравновешенности с относительным преобладанием процесса возбуждения над более ослабленным процессом внутреннего торможения и развитием охранительного торможения.

В зависимости от состояния функций организма и характера деятельности человека *первичное возникновение* утомления вариативно и может наблюдаться в различных органах и системах организма.

Мышечная работа связана с вовлечением в деятельность многих органов и формированием в организме специальной функциональной системы адаптации, обеспечивающей конкретную деятельность человека. Поэтому на снижение работоспособности влияет возникновение функциональных изменений не только в нервной системе, но и в других рабочих звеньях — скелетных мышцах, органах дыхания, кровообращения, системе крови, железах внутренней секреции и др. Таким образом, согласно современным представлениям о физическом утомлении, оно связано, во-первых, с развитием функциональных изменений во многих органах и системах, во-вторых, с различным сочетанием деятельности органов и систем, ухудшение функций которых наблюдается при том или ином виде физических упражнений. Поэтому создание общей теории о физиологических механизмах утомления не может основываться на отдельных системах организма и должно учитывать все многообразие и вариативность характера сдвигов функций, обуславливающих ту или иную деятельность человека. В зависимости от характера работы, ее напряженности и продолжительности ведущая роль в развитии утомления может принадлежать различным функциональным системам.

Итак, утомление является нормальной физиологической реакцией организма на работу. С одной стороны, оно служит очень важным для работающего человека фактором, так как препятствует крайнему истощению организма, переходу его в патологическое состояние, являясь сигналом



необходимости прекратить работу и перейти к отдыху. Наряду с этим, утомление играет существенную роль, способствуя тренировке функций организма, их совершенствованию и развитию. С другой стороны, утомление ведет к снижению работоспособности спортсменов, к неэкономичному расходованию энергии и уменьшению функциональных резервов организма. Эта сторона утомления является невыгодной, нарушающей длительное выполнение спортивных нагрузок.

#### **4.1.2. Факторы утомления и состояние функций организма**

Основным фактором, вызывающим утомление, является физическая или умственная нагрузка, падающая на афферентные системы во время работы. Зависимость между величиной нагрузки и степенью утомления почти всегда бывает линейной, то есть чем больше нагрузка, тем более выраженным и ранним является утомление. Помимо абсолютной величины нагрузки, на характере развития утомления сказывается еще и ряд ее особенностей, среди которых следует выделить: статический или динамический характер нагрузки, постоянный или периодический ее характер и интенсивность нагрузки.

Наряду с основным фактором (рабочей нагрузкой), ведущим к утомлению, существует ряд дополнительных или способствующих факторов. Эти факторы сами по себе не ведут к развитию утомления, однако, сочетаясь с действием основного, способствуют более раннему и выраженному наступлению утомления.

Дополнительные факторы:

- факторы внешней среды (температура, влажность, газовый состав, барометрическое давление и др.);
- факторы, связанные с нарушением режимов труда и отдыха;
- факторы, обусловленные изменением привычных суточных биоритмов, и выключение сенсорных раздражений;
- социальные факторы, мотивация, взаимоотношения в команде и др.

Субъективные и объективные признаки утомления весьма многообразны, и их выраженность в значительной мере зависит от характера выполняемых упражнений и психофизиологических особенностей человека.

К субъективным признакам утомления относится чувство усталости, общее или локальное. При этом появляются боли и чувство онемения в конечностях, пояснице, мышцах спины и шеи, желание прекратить работу или изменить ее ритм и др.

Еще более разнообразными являются объективные признаки. При любом виде утомления детальное обследование может обнаружить изменения в характере функционирования любой системы организма, начиная от двигательной, сердечно-сосудистой и центральной нервной системы и кончая такими, казалось бы, не связанными с непосредственной работой системами, как пищеварительная и выделительная. Такое многообразие изменений отражает закономерности функционирования организма как единого целого и характеризует непосредственные реакции

обеспечения функциональной нагрузки, а также адаптационные и компенсаторные сдвиги.

При утомлении со стороны центральной нервной системы отмечаются нарушение межцентральных взаимосвязей в коре головного мозга, ослабление условно-рефлекторных реакций, неравномерность сухожильных рефлексов, а при переутомлении — развитие неврозоподобных состояний.

Изменения сердечно-сосудистой системы характеризуются тахикардией, лабильностью артериального давления, неадекватными реакциями на дозированную физическую нагрузку, некоторыми электрокардиографическими сдвигами. Кроме того, снижается насыщение артериальной крови кислородом, учащается дыхание и ухудшается легочная вентиляция, которая при переутомлении может существенно уменьшаться.

В крови снижается количество эритроцитов и гемоглобина, отмечается лейкоцитоз, несколько угнетается фагоцитарная активность лейкоцитов и уменьшается количество тромбоцитов. При переутомлении иногда отмечают болезненность и увеличение печени, нарушение белкового и углеводного обмена.

Однако все эти изменения не возникают одновременно и не развиваются в одном и том же направлении. Их динамика определяется рядом закономерностей, и лишь обнаружив эти закономерности, можно не только понять ход развития утомления, но и дать правильную оценку состоянию человека и активно противодействовать развивающемуся утомлению.

Изменения возникают в первую очередь в тех органах и системах, которые непосредственно осуществляют выполнение спортивной деятельности. При физической работе — это мышечная система и двигательный анализатор. Одновременно изменения могут появляться в тех системах и органах, которые обеспечивают функционирование этих основных работающих систем - дыхательной, сердечно-сосудистой, крови и др. С другой стороны, может быть и такое положение, когда уже имеет место снижение функций организма (основных и обеспечивающих систем), а спортивная работоспособность еще сохраняется на высоком уровне. Это зависит от морально-волевых качеств спортсмена, мотивации и др.

Изменения в некоторых системах, не связанных непосредственно с обеспечением выполнения специальных упражнений, при утомлении имеют принципиально иной генез и либо являются вторичными, имеющими общий, неспецифический характер, либо имеют регуляторное или компенсаторное значение, то есть направлены на сбалансирование функционального состояния организма. Из сказанного становится очевидным, что ведущее значение в развитии явлений утомления имеет центральная нервная система, обеспечивающая интеграцию всех систем организма, регуляцию и приспособление этих систем во время работы. Возникшие в процессе утомления изменения функционального состояния центральной нервной системы отражают, таким образом, двойственный процесс — изменения, связанные с перестройкой функционирования регулируемых систем, и

сдвиги, возникающие в связи с процессом утомления в самих нервных структурах.

Утомление динамично по своей сущности и в своем развитии имеет несколько последовательно возникающих признаков. Первым признаком возникновения утомления при физической работе является нарушение автоматичности рабочих движений. Вторым признаком, который наиболее четко может быть установлен — это нарушение координации движений. Третий признак — значительное напряжение вегетативных функций при одновременном падении производительности работы, а затем и нарушение самого вегетативного компонента. При выраженных степенях утомления новые, мало усвоенные двигательные навыки могут угаснуть полностью. При этом очень часто растормаживаются старые, более прочные навыки, не соответствующие новой обстановке. В спортивной практике это может служить причиной возникновения различных срывов, травм и т. д.

#### **4.1.3. Особенности утомления при различных видах физических нагрузок**

Одним из основных признаков утомления является снижение работоспособности, которая в процессе выполнения различных физических упражнений изменяется по разным причинам; поэтому и физиологические механизмы развития утомления неодинаковы. Они обусловлены мощностью работы, ее длительностью, характером упражнений, сложностью их выполнения и пр.

При выполнении циклической работы максимальной мощности основной причиной снижения работоспособности и развития утомления является уменьшение подвижности основных нервных процессов в ЦНС с преобладанием торможения вследствие большого потока эфферентной импульсации от нервных центров к мышцам и афферентных импульсов от работающих мышц к центрам. Разрушается рабочая система взаимосвязанной активности корковых нейронов. Кроме того, в нейронах падает уровень содержания АТФ и креатин-фосфата, и в структурах мозга повышается содержание тормозного медиатора — гамма-аминомасляной кислоты. Существенное значение в развитии утомления при этом имеет изменение функционального состояния самих мышц, снижение их возбудимости, лабильности и скорости расслабления.

При циклической работе субмаксимальной мощности ведущими причинами утомления являются угнетение деятельности нервных центров и изменения внутренней среды организма. Причина этого — большой недостаток кислорода, вследствие которого развивается гипоксемия, снижается рН крови, в 20-25 раз увеличивается содержание молочной кислоты в крови. Кислородный долг достигает максимальных величин — 20-22 л. Недоокисленные продукты обмена веществ, всасываясь в кровь, ухудшают деятельность нервных клеток. Напряженная деятельность нервных центров осуществляется на фоне кислородной недостаточности, что и приводит к быстрому развитию утомления.

Циклическая работа большой мощности приводит к развитию утомления вследствие дискоординации моторных и вегетативных функций. На протяжении нескольких десятков минут должна поддерживаться весьма напряженная работа сердечно-сосудистой и дыхательной систем для обеспечения интенсивно работающего организма необходимым количеством кислорода. При этой работе кислородный запрос несколько превышает потребление кислорода и кислородный долг достигает 12-15 л. Суммарный расход энергии при такой работе очень велик, при этом расходуется до 200 г глюкозы, что приводит к некоторому ее снижению в крови.

Происходит также уменьшение в крови гормонов некоторых желез внутренней секреции (гипофиза, надпочечников).

Длительность выполнения циклической работы умеренной мощности приводит к развитию охранительного торможения в ЦНС, истощению энергоресурсов, напряжению функций кислородтранспортной системы, желез внутренней системы и изменению обмена веществ. В организме снижаются запасы гликогена, что ведет к уменьшению содержания глюкозы в крови. Значительная потеря организмом воды и солей, изменение их количественного соотношения, нарушение терморегуляции также ведут к понижению работоспособности и возникновению утомления у спортсменов.

В механизме развития утомления при длительной физической работе могут играть определенную роль изменения белкового обмена и снижение функций желез внутренней секреции. При этом в крови снижается концентрация глюко- и минералкортикоидов, катехоламинов и гормонов щитовидной железы. Вследствие этих изменений, а также в результате длительного влияния монотонных афферентных раздражений в нервных центрах возникает торможение. Угнетение деятельности этих центров приводит к снижению эффективности регуляции движений и нарушению их координации. При длительном выполнении работы в разных климатических условиях развитие утомления, кроме того, может быть ускорено нарушением терморегуляции.

При различных видах ациклических движений механизмы развития утомления также неодинаковы. В частности, при выполнении *ситуационных упражнений*, при разных формах работы переменной мощности большие нагрузки испытывают высшие отделы головного мозга и сенсорные системы, так как спортсменам необходимо постоянно анализировать изменяющуюся ситуацию, программировать свои действия и осуществлять переключение темпа и структуры движений, что и приводит к развитию утомления. В некоторых видах спорта (например, футбол) существенная роль принадлежит недостаточности кислородного обеспечения и развитию кислородного долга. При выполнении *гимнастических упражнений и в единоборствах*, утомление развивается вследствие ухудшения пропускной способности мозга и снижения функционального состояния мышц (уменьшается их сила и возбудимость, снижается скорость сокращения и расслабления). При *статической работе* основными причинами утомления являются непрерывное напряжение нервных центров и мышц, выключение

деятельности менее устойчивых мышечных волокон и большой поток афферентных и эфферентных импульсов между мышцами и моторными центрами.

#### **4.1.4. Значение утомления в развитии состояния тренированности**

Утомление в процессе мышечной или умственной деятельности, не переходящее определенных пределов, — физиологическое, а не патологическое явление и полезно для организма.

Работа до утомления представляет собою важный фактор роста тренированности, в особенности тогда, когда она связана с развитием выносливости. Физиологический смысл этого явления заключается в том, что, тренируясь до наступления утомления, спортсмены адаптируются к повышенным нагрузкам. В случаях же, когда тренировочные упражнения прекращаются до начала возникновения утомления, развитие тренированности приостанавливается. То же происходит и в том случае, если тренировочные занятия приводят к резко выраженной степени утомления. При этом может возникнуть состояние перетренированности. Как ясно из сказанного выше, в спорте следует избегать не утомления «вообще», а лишь чрезмерного его развития. При этом пределы чрезмерности связаны не только с характером выполняемых упражнений, но и с их длительностью.

## 4.2. Восстановительные процессы

### 4.2.1. Закономерности восстановительных процессов

Восстановительные процессы — важнейшее звено работоспособности спортсмена. Способность к восстановлению при мышечной деятельности является естественным свойством организма, существенно определяющим его тренируемость. Поэтому скорость и характер восстановления различных функций после физических нагрузок являются одним из критериев оценки функциональной подготовленности спортсменов.

Мышечная деятельность, как правило, сопровождается временным снижением работоспособности. После окончания работы, в периоде восстановления, нормализуется внутренняя среда организма, восстанавливаются энергетические запасы, различные функции приходят в состояние рабочей готовности. Все эти процессы не только обеспечивают *восстановление работоспособности организма, но и способствуют ее временному увеличению.*

Закономерности восстановительных процессов:

1. В работающем органе наряду с процессами разрушения и истощения происходит процесс восстановления, он наблюдается не только после окончания работы, но уже и в процессе деятельности.

2. Взаимоотношения истощения и восстановления определяются интенсивностью работы; во время интенсивной работы восстановительный процесс не в состоянии полностью компенсировать расход, поэтому полное возмещение потерь наступает позднее, во время отдыха.

3. Восстановление израсходованных ресурсов происходит не до исходного уровня, а с некоторым избытком (явление суперкомпенсации).

Повышение работоспособности в процессе тренировки зависит не только от объема и интенсивности нагрузок, но и от продолжительности интервалов отдыха между выполнением упражнений. В связи с этим при планировании тренировочных занятий необходимо учитывать особенности восстановительных процессов.

Восстановительные процессы частично протекают *непосредственно во время мышечной деятельности.* Примером этого являются окислительные реакции, обеспечивающие ресинтез богатых энергией химических веществ. Однако при *работе процессы диссимилиации преобладают над процессами ассимиляции.* Лишь при длительной мышечной деятельности, характеризующейся истинным устойчивым состоянием, устанавливается динамическое равновесие между расщеплением химических веществ и их ресинтезом. Нарушение баланса между этими реакциями выражено при работе тем резче, чем больше оказывается ее мощность и меньше подготовленность человека.

В восстановительном периоде преобладают *процессы ассимиляции.* Это обеспечивает пополнение израсходованных при работе энергетических запасов. Сначала они восстанавливаются до исходного уровня, затем на

некоторое время становятся выше его (фаза суперкомпенсации) и далее вновь понижаются.

В зависимости от общей направленности биохимических сдвигов в организме и времени, необходимом для их возвращения к норме, выделяются два типа восстановительных процессов – *срочное и отставленное*.

Срочное восстановление распространяется на первые 0,5-1,5 часа отдыха после работы; оно сводится к устранению накопившихся за время упражнения продуктов анаэробного распада и оплате образовавшегося долга; отставленное восстановление распространяется на многие часы отдыха после работы. Оно заключается в усиливающихся процессах пластического обмена и реставрации нарушенного во время упражнения ионного и эндокринного равновесия в организме.

В период отставленного восстановления завершается возвращение к норме энергетических запасов организма, усиливается синтез разрушенных при работе структурных и ферментных белков.

В целях рационального чередования нагрузок необходимо учитывать скорость протекания восстановительных процессов в организме спортсменов после отдельных упражнений, их комплексов, занятий, микроциклов.

### ***Физиологические закономерности восстановительных процессов***

**1. Неравномерность.** Показано, что сразу после окончания работы восстановление идет быстро, а затем скорость его снижается и наблюдается фаза медленного восстановления. В последующем было показано, что наличие двух фаз восстановления отмечается, как правило, после тяжелой физической работы. После умеренных нагрузок погашение кислородного долга носит однофазный характер, т.е. наблюдается только фаза быстрого восстановления.

Факт неравномерного восстановления в дальнейшем был отмечен в динамике показателей сердечнососудистой системы, органов дыхания, нервно-мышечного аппарата, картины периферической крови и обмена веществ. Тщательный анализ этих данных привел к заключению о том, что физиологические константы организма восстанавливаются на различных этапах последствия с разной скоростью. Этот факт составляет принципиальную особенность после рабочих функциональных сдвигов, которую следует учитывать при регламентации режимов труда и отдыха и при выборе тактики применения различных средств рекреации.

При нагрузках разной направленности, величины и продолжительности в течение первой трети восстановительного периода протекает около 60%, во второй – 30% и в третьей – 10% восстановительных реакций. Восстановление функций после работы характеризуется рядом существенных особенностей, которые определяют не только процесс восстановления, но и преемственную взаимосвязь с предшествующей и последующей работой, степени готовности к повторной работе.

2. *Гетерохронность.* В основе лежит принцип саморегуляции, свидетельствующий в данном случае о том, что неодновременное протекание различных восстановительных процессов обеспечивает наиболее оптимальную деятельность целостного организма. Сразу после окончания физических нагрузок восстанавливаются алактатная фаза кислородного долга, фосфагены. Через несколько минут отмечается нормализация пульса, артериального давления, ударного и минутного объемов крови, скорости кровотока, то есть тех показателей, которые обеспечивают восстановление лактатной фазы кислородного долга. Спустя несколько часов после нагрузок восстанавливаются показатели внешнего дыхания, глюкоза и гликоген. Обмен веществ, периферическая кровь, водно-солевой баланс, ферменты и гормоны восстанавливаются через несколько суток (Таблица 2). Таким образом, в различные временные интервалы восстановительного периода функциональное состояние организма неоднозначно.

Таблица 2.

*Время восстановления различных биохимических процессов*

Процессы	Время восстановления
Восстановление $O_2$ – запасов в организме	10-15с
Восстановление алактатных анаэробных резервов в мышцах	2-5мин
Оплата алактатного $O_2$ - долга	3-5 мин
Устранение молочной кислоты	0,5-1,5ч
Оплата лактатного $O_2$ - долга	0,5-1,5ч
Ресинтез внутримышечных запасов гликогена	12-48ч
Восстановление запасов гликогена в печени	12-48ч
Усиление индуктивного синтеза ферментных и структурных белков	12-72ч

Это следует принимать во внимание, планируя характер нагрузок и реабилитационные мероприятия.

3. *Фазность.* В динамике восстановления работоспособности различают три фазы.

Сразу после напряженной работы наблюдается тенденция к восстановлению до исходного уровня, что соответствует фазе пониженной работоспособности. Повторные нагрузки в этот период вырабатывают выносливость.

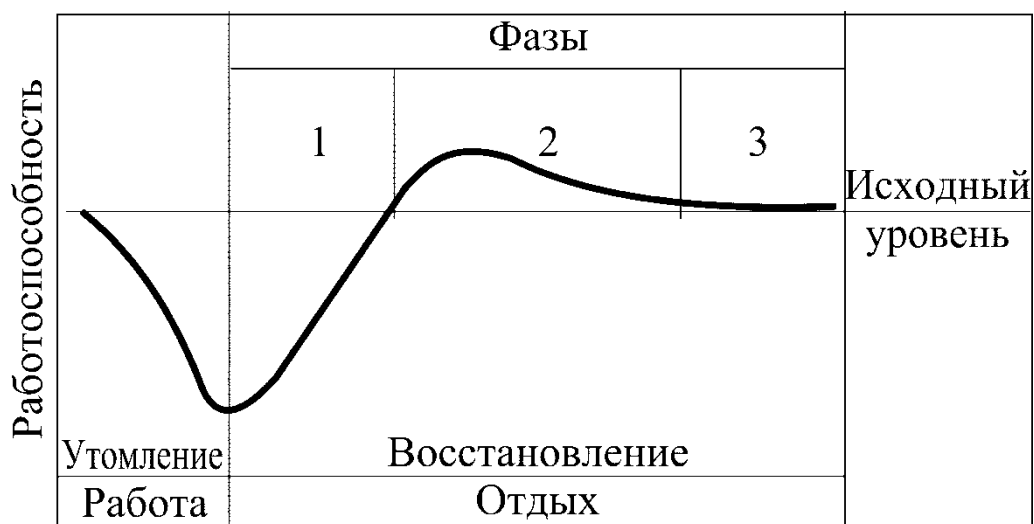
В дальнейшем восстановление продолжает увеличиваться, наступает свержвосстановление, соответствующее фазе повышенной работоспособности; повторные нагрузки в эту фазу повышают тренированность.



Восстановление до исходного уровня соответствует фазе исходной работоспособности; повторные нагрузки в это время малоэффективны и лишь поддерживают состояние тренированности.

4. *Избирательность.* Различный характер деятельности спортсмена оказывает избирательное влияние на отдельные функции организма, на разные стороны энергетического обмена. Избирательность восстановительных процессов подчиняется этим же закономерностям.

Интенсивность протекания восстановительных процессов и сроки восполнения энергетических запасов организма зависят от интенсивности их расходования во время выполнения упражнения (правило В.А. Энгельгарта). Интенсификация процессов восстановления приводит к тому, что в определенный момент отдыха после работы запасы энергетических веществ превышают их дорабочий уровень. Это явление получило название суперкомпенсации, или сверхвосстановления. Протяженность фазы суперкомпенсации во времени зависит от общей продолжительности выполнения работы и глубины вызываемых ею биохимических сдвигов в организме.



*Рис.4. Фазы восстановления работоспособности:*

*1 – относительной нормализации, при которой состояние организма возвращается к исходному уровню;*

*2 – суперкомпенсации, или сверхвосстановления, характеризующаяся превышением исходного уровня;*

*3 – возвращения к исходному уровню*

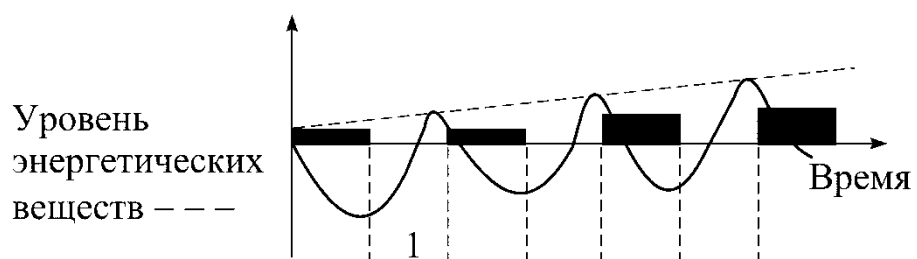
**Фазы восстановления.** Различают ранние и поздние фазы восстановления. После легкой работы ранние фазы заканчиваются в течение нескольких минут, после напряженной работы — в течение нескольких часов. Поздние фазы восстановления после длительной и напряженной мышечной деятельности затягиваются на несколько суток.

По уровню работоспособности организма в периоде восстановления различают фазы пониженной и повышенной работоспособности. Первая

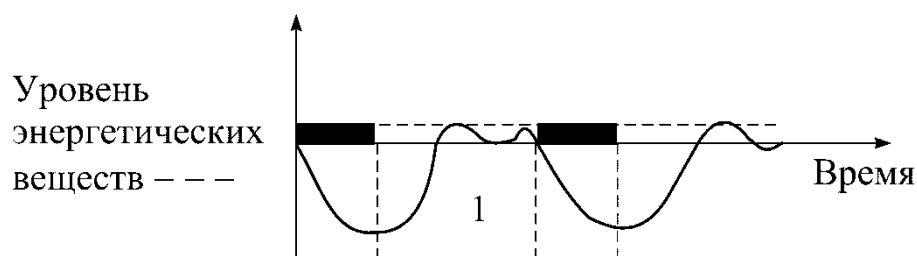
наблюдается сразу после окончания мышечной деятельности. В дальнейшем работоспособность восстанавливается и, продолжая возрастать, становится выше исходной. Этот период называется фазой повышенной работоспособности. Через некоторое время после окончания мышечной деятельности работоспособность вновь снижается до исходного уровня. Фазовые изменения работоспособности в периоде восстановления установлены экспериментально.

Продолжительность отдельных фаз восстановления зависит от особенностей выполненной работы (мощность, длительность, структура движений) и от степени тренированности человека.

Повторные нагрузки целесообразно выполнять в фазу повышенной работоспособности: в этих условиях тренированность организма развивается наиболее интенсивно. Однако в ряде случаев повторные нагрузки следует назначать ранее этого срока. Работа при неполном восстановлении адаптирует организм, к деятельности в условиях измененной внутренней среды. Слишком длинные интервалы отдыха между повторными нагрузками снижают эффективность тренировки. Повторная деятельность при этом выполняется при уже снизившейся работоспособности, что не стимулирует ее дальнейшего развития. Повышение работоспособности, вызванной мышечной деятельностью, должно подкрепляться последующей работой. Если этого не происходит, то работоспособность снижается до исходного уровня и дальнейшие прогрессивные изменения в организме могут приостанавливаться.



а)



Тренировки

б)

Рис. 5. Схема суммирования тренировочных эффектов

(1 – интервал отдыха). Оптимальный прирост результатов происходит тогда, когда новая нагрузка приходится на фазу сверхкомпенсации. Каждый раз организм как бы про запас подтягивает дополнительный энергетический ресурс, происходит

*повышение уровня тренированности – организм становится готовым вынести более напряженную работу. Повторное выполнение упражнения через определенные промежутки времени в этой фазе позволяет с каждой тренировкой увеличивать энергетические ресурсы организма, физическую работоспособность и таким образом суммировать воздействие упражнений для повышения тренированности (рис. 5а).*

*Тренировочный эффект, полученный на отдельном занятии, снижается и даже вовсе утрачивается, если интервалы между занятиями слишком велики (рис. 5б).*

Также было доказано, что повторные физические нагрузки могут вести к развитию двух противоположных состояний:

1) если каждая последующая нагрузка приходится на ту фазу восстановления, в которой организм достиг исходного состояния, то развивается состояние тренированности, возрастают функциональные возможности организма;

2) если же работоспособность ещё не вернулась к исходному состоянию, то новая нагрузка вызывает противоположный процесс – хроническое истощение.

Постепенное исчезновение явлений утомления, возвращение функционального статуса организма и его работоспособности к исходному уровню либо превышение последнего соответствует периоду восстановления.

Продолжительность этого периода зависит от характера и степени утомления, состояния организма, особенностей его нервной системы, условий внешней среды. В зависимости от сочетания перечисленных факторов восстановление протекает в различные сроки – от минут до нескольких часов или суток при наиболее напряжённой и длительной работе.

### ***Кислородный долг и восстановление энергетических запасов организма***

В процессе мышечной работы расходуются кислородный запас организма, фосфагены (АТФ и КрФ), углеводы, (гликоген мышц и печени, глюкоза крови) и жиры. После работы происходит их восстановление. Исключение составляют жиры, восстановления которых может и не быть.

Восстановительные процессы, происходящие в организме после работы, находят свое энергетическое отражение в повышенном (по сравнению с предрабочим состоянием) потреблении кислорода - кислородном долге.

Кислородный долг - это избыточное потребление  $O_2$  сверх предрабочего уровня покоя, которое обеспечивает энергией организм для восстановления до предрабочего состояния, включая восстановление израсходованных во время работы запасов энергии и устранение молочной кислоты.

Скорость потребления  $O_2$  после работы снижается экспоненциально: на протяжении первых 2-3 мин очень быстро (быстрый, или алактатный, компонент кислородного долга), а затем более медленно (медленный, или лактатный, компонент кислородного долга), пока не достигает (через 30-60

мин) постоянной величины, близкой к предрабочей.

После работы мощностью до 60% от МПК кислородный долг не намного превышает кислородный дефицит. После более интенсивных упражнений кислородный долг значительно превышает кислородный дефицит, причем тем больше, чем выше мощность работы.

Быстрый (алактатный) компонент  $O_2$ -долга связан главным образом с использованием  $O_2$  на быстрое восстановление израсходованных за время работы высокоэнергетических фосфагенов в рабочих мышцах, а также с восстановлением нормального содержания  $O_2$  в венозной крови и с насыщением миоглобина кислородом.

Медленный (лактатный) компонент  $O_2$ -долга связан со многими факторами. В большой мере он связан с послерабочим устранением лактата из крови и тканевых жидкостей. Кислород в этом случае используется в окислительных реакциях, обеспечивающих ресинтез гликогена из лактата крови (главным образом, в печени и отчасти в почках) и окисление лактата в сердечной и скелетных мышцах.

Кроме того, длительное повышение потребления  $O_2$  связано с необходимостью поддерживать усиленную деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем в период восстановления, усиленный обмен веществ и другие процессы, которые обусловлены длительно сохраняющейся повышенной активностью симпатической нервной и гормональной систем, повышенной температурой тела, также медленно снижающимися на протяжении периода восстановления.

Восстановление запасов кислорода. Кислород находится в мышцах в форме химической связи с миоглобином. Эти запасы очень невелики, общие запасы "мышечного" кислорода (из расчета на 40 кг мышечной массы у спортсменов) не превышают 0,5 л. В процессе мышечной работы он может быстро расходоваться, а после работы быстро восстанавливаться. Скорость восстановления запасов кислорода зависит лишь от доставки его к мышцам.

Сразу после прекращения работы артериальная кровь, проходящая через мышцы, имеет высокое содержание  $O_2$ , так что восстановление  $O_2$ -миоглобина происходит, вероятно, за несколько секунд.

Таким образом, уже через несколько секунд после прекращения работы кислородные "запасы" в мышцах и крови восстанавливаются. Быстро восстанавливается также содержание  $O_2$  в венозной крови, оттекающей от работавших мышц и других активных органов и тканей тела, что указывает на достаточное их обеспечение кислородом в послерабочий период. Поэтому нет никаких физиологических оснований использовать дыхание чистым кислородом или смесью с повышенным содержанием кислорода после работы для ускорения процессов восстановления.

**Восстановление фосфагенов (АТФ и КрФ).** Фосфагены, особенно АТФ, восстанавливаются очень быстро. Уже на протяжении 30 с после прекращения работы восстанавливается до 70% израсходованных фосфагенов, а их полное восполнение заканчивается за несколько минут, причем почти исключительно за счет энергии аэробного метаболизма, т. е.

благодаря кислороду, потребляемому в быструю фазу  $O_2$ -долга.

Чем больше расход фосфагенов за время работы, тем больше требуется  $O_2$  для их восстановления (для восстановления 1 моля АТФ необходимо 3,45л  $O_2$ ). Величина быстрой (алактатной) фракции  $O_2$ -долга прямо связана со степенью снижения фосфагенов в мышцах к концу работы. Поэтому данная величина указывает на количество израсходованных в процессе работы фосфагенов.

У нетренированных мужчин максимальная величина быстрой фракции  $O_2$ -долга достигает 2-3л. Особенно большие величины этого показателя зарегистрированы у представителей скоростно-силовых видов спорта (до 7 л у высококвалифицированных спортсменов). В этих видах спорта содержание фосфагенов и скорость их расходования в мышцах прямо определяют максимальную и поддерживаемую (дистанционную) мощность упражнения.

**Восстановление гликогена.** В настоящее время установлено, что восстановление гликогена в мышцах может длиться до 2-3 дней. Скорость восстановления гликогена и количество его восстанавливаемых запасов в мышцах и печени зависит от двух основных факторов: степени расходования гликогена в процессе работы и характера пищевого рациона в период восстановления. После очень значительного (более 3/4 исходного содержания), вплоть до полного, истощения гликогена в рабочих мышцах его восстановление в первые часы при обычном питании идет очень медленно, и для достижения предработного уровня требуется до 2 суток. При пищевом рационе с высоким содержанием углеводов (более 70% суточного калоража) этот процесс ускоряется - уже за первые 10 ч в рабочих мышцах восстанавливается более половины гликогена, к концу суток происходит его полное восстановление, а в печени содержание гликогена значительно превышает обычное. В дальнейшем количество гликогена в рабочих мышцах и в печени продолжает увеличиваться и через 2-3 суток после "истощающей" нагрузки может превышать предработное в 1,5-3 раза - феномен суперкомпенсации.

При ежедневных интенсивных и длительных тренировочных занятиях содержание гликогена в рабочих мышцах и печени существенно снижается ото дня ко дню, так как при обычном пищевом рационе даже суточного перерыва между тренировками недостаточно для полного восстановления гликогена. Увеличение содержания углеводов в пищевом рационе спортсмена может обеспечить полное восстановление углеводных ресурсов организма к следующему тренировочному занятию.

**Устранение молочной кислоты.** В период восстановления происходит устранение молочной кислоты из рабочих мышц, крови и тканевой жидкости, причем тем быстрее, чем меньше образовалось молочной кислоты во время работы.

Важную роль играет также послерабочий режим. Так, после максимальной нагрузки для полного устранения накопившейся молочной кислоты требуется 60-90 мин в условиях полного покоя - сидя или лежа (пассивное восстановление). Однако, если после такой нагрузки выполняется

легкая работа (активное восстановление), то устранение молочной кислоты происходит значительно быстрее. У нетренированных людей оптимальная интенсивность "восстанавливающей" нагрузки - примерно 30-45% от МПК (например, бег трусцой), а у хорошо тренированных спортсменов - 50-60% от МПК, общей продолжительностью примерно 20 мин.

Существует четыре основных пути устранения молочной кислоты:

- 1) окисление до  $\text{CO}_2$  и воды (так устраняется примерно 70% всей накопленной молочной кислоты);
- 2) превращение в гликоген (в мышцах и печени) и в глюкозу (в печени) около 20%;
- 3) превращение в белки (менее 10%);
- 4) удаление с мочой и потом (1-2%).

При активном восстановлении доля молочной кислоты, устраняемой аэробным путем, увеличивается.

Хотя окисление молочной кислоты может происходить в самых разных органах и тканях (скелетных мышцах, мышце сердца, печени, почках и др.), наибольшая ее часть окисляется в скелетных мышцах (особенно их медленных волокнах). Это делает понятным, почему легкая работа (в ней участвуют в основном медленные мышечные волокна) способствует более быстрому устранению лактата после тяжелых нагрузок.

Значительная часть медленной (лактатной) фракции  $\text{O}_2$ -долга связана с устранением молочной кислоты. Чем интенсивнее нагрузка, тем больше эта фракция. У нетренированных людей она достигает максимально 5-10 л, у спортсменов, особенно у представителей скоростно-силовых видов спорта, - 15-20 л. Длительность ее - около часа.

Величина и продолжительность лактатной фракции  $\text{O}_2$ -долга уменьшаются при активном восстановлении.

#### **4.2.2. Показатели восстановления работоспособности.**

При определении оптимальных интервалов отдыха необходимо учитывать интенсивность восстановительных процессов.

Наиболее точным показателем этого является *уровень работоспособности*, объем повторной работы, который может выполнить человек в данных условиях. Однако такой способ связан с выполнением дополнительной напряженной работы и поэтому не может быть рекомендован для спортивной практики.

Более удобным и достаточно информативным способом оценки работоспособности является изучение особенностей реакций организма на различные тесты, выполняемые до тренировочного занятия и в периоде восстановления.

К таким тестам относятся косвенное определение максимального потребления кислорода (МПК), проба PWC170, исследование оксигенации крови при задержке дыхания, определение способности скелетных мышц к развитию напряжения и к расслаблению и др.

После напряженной мышечной деятельности величины МПК и PWC170 обычно оказываются сниженными. Затем они постепенно восстанавливаются и через некоторое время после окончания мышечной деятельности становятся выше исходных

Изменения величин *МПК* и *PWC170* после мышечной деятельности отражают динамику работоспособности организма в восстановительном периоде. Однако ни одна из этих величин не может считаться достоверным критерием готовности всех систем организма к повторным нагрузкам.

Это объясняется разновременным их восстановлением. Например, исследования квалифицированных бегунов показали, что полное восстановление величин МПК после напряженной тренировочной нагрузки нередко сочетается с недостаточным завершением восстановительных процессов в миокарде. Изменения некоторых показателей электрокардиограммы становятся в это время даже более выраженными по сравнению с данными, полученными сразу же после работы.

*Тесты с определением оксигенации крови* выявили, что в периоде восстановления содержание НвО<sub>2</sub> при задержке дыхания снижается быстрее и более значительно (в связи с повышением интенсивности окислительных процессов в тканях), чем до работы. Градиент падения оксигенации крови остается при этом увеличенным в течение нескольких суток.

$$\frac{\text{Снижение \% НвО}_2}{\text{Длительность задержки дыхания}}$$

Об изменениях внутриклеточного метаболизма в процессе восстановления можно судить по длительности удержания стабильного уровня оксигенации крови при задержке дыхания. Уменьшаясь под влиянием напряженной мышечной деятельности, этот показатель вновь удлиняется в восстановительном периоде, что свидетельствует о нормализации химических процессов в работавших органах.

*О восстановлении работоспособности двигательного аппарата* можно судить по особенностям напряжения и расслабления мышц. Снижаясь при утомительной работе, эти функции мышц повышаются в периоде восстановления. По их динамике можно определить степень готовности органов движения к повторной работе.

В спортивной и врачебной практике о восстановлении работоспособности организма нередко судят по восстановлению одной из его функций.

Интенсивность восстановительных процессов можно оценивать по *динамике ЧСС*. Этот показатель определяется сразу же после работы и затем повторно через строго определенные промежутки времени. Снижение этого показателя по отношению к величине, установленной сразу же после работы, в известной степени позволяет судить о интенсивности восстановления, а следовательно, и о готовности организма к повторной работе. Например, при тренировке бегунов на средние дистанции повторное прохождение отрезков

дистанции рекомендуется после снижения частоты сердечных сокращений на 30% по отношению к величине, зарегистрированной сразу же после окончания бега на предыдущем отрезке.

Восстановление других показателей функционального состояния органов кровообращения весьма вариативно. Вследствие этого они менее точно определяют готовность организма к повторной работе. Например, *восстановление артериального давления* в одних случаях происходит в течение нескольких минут, в других задерживается на длительное время. После длительной и напряженной работы отдельные показатели артериального давления часто становятся ниже исходных величин, что обусловлено гиперемией в работавших мышцах. На длительную послерабочую гиперемию указывает также снижение жесткости артериальных стенок в активных областях тела. По ходу восстановления жесткость артериальных стенок претерпевает фазовые изменения. При этом у более тренированных людей наблюдаются наиболее резко выраженные дифференцированные сосудистые реакции.

Большое значение для восстановления работоспособности организма имеет *нормализация его внутренней среды*. Продолжительность восстановления рН крови и ее щелочных резервов зависит от мощности и длительности работы.

*Восстановление форменных элементов крови* происходит очень медленно. Эритроциты и гемоглобин могут в зависимости от особенностей мышечной деятельности и степени тренированности человека, восстанавливаться в течение нескольких часов или суток. Если под влиянием работы содержание эритроцитов и гемоглобина резко понижается, то его восстановление до исходного уровня иногда задерживается до 7 и более суток. Содержание в крови лейкоцитов и тромбоцитов, а также лейкоцитарная формула восстанавливаются после длительной и напряженной работы в течение нескольких суток.

При очень напряженной работе, характеризующейся эмоциональным возбуждением, количество эозинофилов в крови резко уменьшается. Восстановление численности этих клеток происходит в течение 1—2 суток.

После выполнения динамической работы максимальной мощности наибольший интерес представляют сдвиги в функциональном состоянии двигательного аппарата. Восстановление работоспособности после скоростной работы тесно коррелирует также с погашением кислородного долга и функциональным состоянием центральной нервной системы. Оптимальным интервалом отдыха в этих случаях будет такой, при котором возбудимость двигательных центров остается еще высокой, а относительно небольшой кислородный долг оказывается уже почти ликвидированным.

После работы субмаксимальной мощности для восстановления работоспособности большую роль играет погашение кислородного долга и нормализация внутренней среды организма. Кислородный долг состоит из двух частей (фракций). Первая — алактатная — обусловлена ресинтезом фосфорсодержащих соединений (АТФ и др.), вторая — лактатная — связана



с окислением молочной кислоты. В процессе восстановления происходит сначала быстрая ликвидация кислородного долга, что связано с интенсивными окислительными реакциями в мышцах. В дальнейшем этот процесс протекает менее быстро.

Он обусловлен ресинтезом молочной кислоты, диффундировавшей в кровь.

При работе субмаксимальной мощности кислородный долг у тренированных спортсменов может достигать 20 л и более. Его ликвидация после работы такой мощности обычно заканчивается в течение 1,5—2 часов.

Выполнение длительной работы большой и умеренной мощности характеризуется медленным восстановлением дыхательных функций и энергетики. Даже у квалифицированных спортсменов энергетические траты снижаются до исходных величин очень долго — в течение нескольких суток. Например, у тренированных лыжников-гонщиков это продолжается 2—3 дня.

Казалось бы, о восстановлении работоспособности организма можно судить по восстановлению его основных двигательных качеств: быстроты, силы и выносливости. Однако экспериментальные данные показывают, что восстановление их также весьма вариативно и протекает гетерохронно. Даже такие взаимосвязанные показатели, как сила и силовая выносливость, восстанавливаются, в разное время. Например, сила кисти после статической работы к 5-й мин. восстановления уже достигает 90% исходной величины. Силовая же выносливость, от которой зависит объем повторной работы, на 6-й мин. восстановления еще на 40% ниже исходного уровня.

Длительность интервалов отдыха между отдельными упражнениями на тренировочных занятиях, между ними и повторными выступлениями на соревнованиях должна планироваться с учетом того, что *эффективность последующей работы* будет больше тогда, когда утомление от предыдущей деятельности почти ликвидировано, а положительное последствие этой работы еще сохранено.

На тренировочных занятиях *оптимальная длительность интервалов отдыха* зависит от объема и мощности выполняемых нагрузок, от уровня тренированности спортсменов, от метеорологических условий и др. В среднем она колеблется от 1 до 20 мин.

Оптимальные интервалы отдыха между тренировочными занятиями могут быть разными. Однако продолжительность их *не должна быть больше 48 часов*. Для достижения высоких спортивных результатов необходимо тренироваться с меньшими интервалами отдыха (5—6 и более раз в неделю). На тренировочных сборах нагрузки могут выполняться даже 2—3 раза в день. Неполное восстановление в этих условиях не является препятствием для повторной работы.

#### **4.2.3. Средства повышения эффективности процессов восстановления**

Высокие объемы и интенсивность тренировочной работы создают дополнительные трудности в нахождении оптимального режима работы и

отдыха в отдельных занятиях и микроциклах, в обеспечении адекватных условий для полноценного выполнения работы различной направленности и эффективного протекания восстановительных и специальных адаптационных реакций в организме после нее.

Преодоление этих трудностей может быть осуществлено в двух взаимосвязанных направлениях;

1) в оптимизации планирования различных структурных единиц тренировочного процесса;

2) в направленном планировании различных средств восстановления, все шире проникающих в современный спорт.

Эти средства могут играть роль как собственно средств восстановления, так и средств стимулирования работоспособности.

Средства, ускоряющие восстановительные процессы, можно разделить на три группы.

*Педагогические средства* включают рациональное планирование спортивной тренировки, правильное построение отдельного тренировочного занятия, изменение интервалов отдыха между тренировочными нагрузками, планирование и использование восстановительных средств в месячных и годовых циклах.

*К медико-биологическим средствам* относят рациональное питание, физио- и гидропроцедуры, фармакологические препараты и витамины, массаж (самомассаж), бани (сауна) и др.

*Психологические средства* включают психорегулирующую тренировку (психомышечную для детей), разнообразный досуг и другие средства, создающие положительный эмоциональный фон.

И.М. Сеченов показал, что более быстрое восстановление после локальной работы обеспечивается не пассивным отдыхом, а переключением на другой вид деятельности, т. е. активным отдыхом.

Положительный эффект активного отдыха проявляется не только при переключении на работу других мышечных групп, но и при выполнении той же работы, но с меньшей интенсивностью.

Например, после бега с большой скоростью следует перейти к бегу трусцой, что способствует более быстрому удалению из крови молочной кислоты. Активный отдых даёт наибольший эффект при работе средней тяжести. После лёгкой и кратковременной работы он не нужен, а после длительной и истощающей – нецелесообразен.

В спортивной практике применяются различные средства, ускоряющие восстановительные процессы.

Одним из средств, ускоряющих восстановление после мышечной работы, является активный отдых, т. е. переключение на другой вид деятельности. Его значение впервые было установлено И. М. Сеченовым. Он показал, что более быстрое восстановление работоспособности утомленной конечности происходит не при полном покое, а при работе другой

конечности. В этом опыте производилась работа правой рукой на эргографе в течение 25 мин. Затем ей давался полный 10-минутный отдых, в результате которого работоспособность ее несколько восстанавливалась, но все же оставалась ниже исходной. Последующая работа, выполненная левой рукой, повышала работоспособность правой.

Факты, обнаруженные И. М. Сеченовым, объясняются особенностями восстановительных процессов, протекающих в нервных центрах, и межцентральными отношениями, возникающими при активном отдыхе. После утомительной работы правой руки центры, иннервирующие ее мускулатуру, приторможены. При последующей работе левой руки возбуждение в центрах ее мышц усиливает торможение в центрах правой конечности (по механизму отрицательной индукции). Это способствует восстановлению работоспособности мышц правой руки.

Однако такие благоприятные межцентральные отношения возникают при активном отдыхе не всегда. В некоторых случаях возбуждение центров работающих мышц иррадирует в «отдыхающие» центры, задерживая протекающие там восстановительные процессы. Особенности межцентральных отношений при активном отдыхе зависят от уровня подготовленности человека к выполняемой работе. Например, при непривычной работе правой рукой работа левой в целях активного отдыха не дает положительного эффекта. По мере же развития тренированности преимущество активного отдыха перед пассивным становится более выраженным. Это объясняется тем, что при непривычной работе активный отдых вызывает иррадирование процессов возбуждения с рабочих центров на отдыхающие. Когда же работа становится привычной, в центрах начинают преобладать индукционные отношения. Работа левой руки в этих условиях приводит к торможению в центрах правой с последующим (после прекращения работы левой руки) усилением в них возбуждения.

При подборе упражнений, применяемых с целью активного отдыха, следует учитывать особенности выполняемой работы и степень подготовленности человека к ней. Чаще для активного отдыха утомленных предшествующей работой мышц производят работу другими мышцами. В некоторых случаях процессы восстановления можно ускорить продолжением той же работы, снизив ее интенсивность. Например, в интервалах между скоростным бегом рекомендуется медленный бег или ходьба. Некоторые исследователи считают, что при активном отдыхе эффективны упражнения с расслаблением утомленных мышц.

Активный отдых дает наибольший эффект при работе средней тяжести. После легкой и кратковременной работы он не нужен, а после длительной и истощающей нецелесообразен. Длительность активного отдыха, структура выполненных при этом движений и время его проведения также зависят от особенностей основной работы. Правильно организованный активный отдых не только укорачивает восстановительный период, но и облегчает вработывание при последующей деятельности.

Кроме активного отдыха, для более быстрого восстановления

работоспособности применяют вдыхание богатых кислородом газовых смесей, водные процедуры, массаж и другие раздражители умеренной силы.

Вдыхание увлажненного воздуха, содержащего 65-75% кислорода, ускоряет ликвидацию кислородного долга, в связи с чем повышает интенсивность восстановления работоспособности. Это имеет большое значение в интервалах между забегами, во время перерывов в спортивных играх и боксе и в других видах спорта. Иногда рекомендуется пребывание спортсменов в специальных палатках, воздух которых обогащен кислородом. Кроме этих приемов, повышенная доставка кислорода в процессе восстановления может быть обеспечена питьем так называемых «кислородных коктейлей». В этих случаях поступление кислорода в организм происходит путем его диффузии в кровь из желудочно-кишечного тракта.

*Водные процедуры* благоприятно воздействуют на центральную нервную систему. Это объясняется тем, что афферентные импульсы от рецепторов кожи вызывают новые очаги возбуждения в определенных отделах мозга, способствуя установлению оптимальных межцентральных отношений.

Механизм воздействия *массажа* такой же как и водных процедур. Афферентные импульсы от кожи и мышц изменяют функциональное состояние центральной нервной системы. Особенно эффективны вибрационный и гидромассаж.

Большую роль в повышении интенсивности восстановительных процессов играет *питание*. Оно должно быть достаточно калорийным и содержать все необходимые органические и неорганические вещества. Исключительно важна при этом *витаминизация* организма.

В настоящее время в спортивной практике применяются специальные напитки и печенье, в состав которых входят *сахар, витамины, соли, белковые и другие вещества*.

Восстановительные процессы протекают у человека интенсивнее при наличии *положительных эмоций*. Однако чрезмерное возбуждение после работы отрицательно влияет на восстановление. В связи с этим в некоторых случаях после участия в соревнованиях, вызывающих чрезмерное эмоциональное возбуждение, рекомендуется для усиления восстановительных процессов прием средств, способствующих развитию торможения в центральной нервной системе.

Подбор восстановительных средств, удельный вес того или иного из них, их сочетание, дозировка, продолжительность и тактика использования обусловлены конкретным состоянием спортсмена, его здоровьем, уровнем тренированности, индивидуальной способностью к восстановлению, видом спорта, этапом и используемой методикой тренировки, характером проведенной и предстоящей тренировочной работы, режимом спортсмена, фазой восстановления и др. Но при этом во всех случаях следует основываться на общих принципах использования средств восстановления спортивной работоспособности, обеспечивающих их эффективность:

- комплексность, т.е. совокупное использование средств всех трёх групп и разных средств определенной группы в целях одновременного воздействия на все основные функциональные звенья организма - двигательную среду, нервные процессы, обмен веществ и энергии, ферментный и иммунный статусы и пр.;

- учёт индивидуальных особенностей организма спортсмена;
- совместимость и рациональное сочетание, т.к. некоторые средства усиливают действия друг друга (сауна и гидромассаж), другие, наоборот, нивелируют (прохладный душ и электропроцедуры);

- уверенность в полной безвредности и малой токсичности (средства фармакологии);

- восстановительные средства должны соответствовать задачам и этапам тренировки, характеру проведенной и предстоящей работы;

- недопустимо длительное (систематическое) применения сильнодействующих средств восстановления (главным образом фармакологических) т.к. возможны неблагоприятные последствия.

Правильное использование средств восстановления спортивной работоспособности возможно при решении следующих задач:

- определение звена функциональной системы организма, несущего основные нагрузки и лимитирующего работоспособность, а также учёт гетерохронности протекания восстановительных процессов, подвергающихся стимуляции используемыми средствами восстановления;

- разработка и подбор оптимальной технологии использования различных средств восстановления в комплексе;

- подбор объективных методов контроля за эффективностью применяемых комплексов восстановительных средств и совершенствование организационных форм проведения восстановительных мероприятий в системе спортивной тренировки.

Тактика применения восстановительных средств зависит от режима тренировочных занятий. Для обеспечения срочного восстановительного эффекта необходимо соблюдать следующие требования:

- а) при небольшом перерыве между тренировками (4-6 часов) восстановительные процедуры целесообразно проводить сразу после тренировки;

- б) средства общего и глобального воздействия должны предшествовать локальным процедурам;

- в) не следует длительное время использовать одно и то же средство, причём средства локального воздействия нужно менять чаще, чем средства общего воздействия;

- г) в сеансе восстановления не рекомендуется более трёх разных процедур.

Использование средств восстановления способствует повышению суммарного объёма тренировочной работы в занятиях и интенсивности выполнения отдельных тренировочных упражнений, даёт возможность сократить паузы между упражнениями, увеличить количество занятий с

большими нагрузками в микроциклах. Так, направленное использование восстановительных средств, органически увязанное с величиной и характером нагрузок в тренировочных занятиях, позволяет увеличить объём нагрузок в ударных микроциклах на 10-15% при одновременном улучшении качественных показателей тренировочной работы. Систематическое применение этих средств способствует не только приросту суммарного объёма тренировочной работы, но и повышению функциональных возможностей систем энергообеспечения, приросту специальных физических качеств и спортивного результата.

Многолетние экспериментальные исследования позволили В. У. Аванесову (1988) определить главные факторы, обуславливающие необходимость широкого использования разнообразных средств и методов восстановления в спортивной тренировке.

- Разнообразные средства и методы восстановления по-разному влияют на восстановление работоспособности организма спортсмена. Эффективность использования средств восстановления зависит от характера объёма и интенсивности выполняемых тренировочных нагрузок.

- Длительное применение одних и тех же средств восстановления приводит к тому, что организм спортсмена адаптируется к ним, эффективность восстановительных мероприятий снижается.

- Правильно соединение отдельных средств восстановления в комплекс значительно повышает их восстановительный эффект.

- Повышение функционального состояния организма спортсмена зависит от тактики и последовательности применения средств восстановления.

- Планомерное использование средств восстановления в системе спортивной тренировки ускоряет темпы прироста специальных физических качеств спортсменов.

- Целенаправленное применение средств восстановления резко сокращает возникновение специфических спортивных травм.

Широкое варьирование способов применения средств восстановления до, в процессе и после выполнения тренировочных нагрузок позволяет повысить тренировочный эффект занятий, влиять на развитие спортивной формы атлетов.

Поведение целенаправленных комплексов восстановительных мероприятий способствует освоению спортсменами повышенных тренировочных нагрузок.

Планомерное целенаправленное использование разнообразных средств и методов восстановления способствует не ослаблению, а напротив, закреплению оставленного тренировочного эффекта нагрузки.

### 4.3. Предутомление, хроническое утомление и переутомление

В последние десятилетия выдвинуто представление о предутомлении или скрытом утомлении, под которым понимается наличие при работе существенных функциональных изменений со стороны некоторых органов и систем, но компенсированных другими функциями, вследствие чего работоспособность человека сохраняется на прежнем уровне. Такая трактовка начальных явлений утомления вполне оправдана. Действительно при выполнении некоторых циклических упражнений (легкая атлетика, бег на коньках и лыжах, велогонки, плавание) при неизменной скорости движения отмечается учащение темпа и уменьшение длины шага (гребка).

Снижение же скорости передвижения начинается лишь тогда, когда учащение темпа уже не компенсирует уменьшение шага или когда темп также начинает урежаться. При этом важно подчеркнуть, что учащение темпа и уменьшение шага возникает задолго до того времени, когда для спортсмена становится невозможным сохранять исходные величины этих показателей. Аналогично этому поддержание необходимого рабочего уровня минутного объема дыхания (и соответственно, потребления кислорода) возможно за счет повышения частоты дыхания, компенсирующего понижение глубины дыхания в начальные моменты утомления. Следовательно, такие рано возникающие изменения носят профилактический характер, они направлены на предупреждение или задержку развития утомления и свидетельствуют о совершенстве регуляции различных органов и систем.

Таким образом, развитие скрытого утомления обусловлено изменениями координации двигательных и вегетативных функций без снижения эффективности работы. В физиологическом механизме возникновения этой стадии утомления важная роль принадлежит условным рефлексам и развитию экстраполяции. Благодаря им хорошо тренированный человек значительно лучше использует функциональные резервы организма для смены форм координации двигательных и вегетативных функций с целью предотвращения или отсрочки развития утомления.

Иногда скрытую стадию утомления называют еще компенсированной, а при существенно выраженных признаках утомления — декомпенсированной формой. Такая классификация утомления, на наш взгляд, является неудачной как по форме, так и по содержанию.

Утомление — это нормальная реакция организма на работу. Компенсация и особенно декомпенсация функций — это совокупность реакций организма на патологические процессы, на повреждения в органах и системах. Соединение нормального функционального состояния организма с патологическими его проявлениями некорректно и теряет всякий физиологический смысл как в теоретическом плане, так и особенно при разработке практических мероприятий по предупреждению развития утомления. Поэтому наиболее целесообразно выделять просто утомление (без каких-либо определений) как нормальное функциональное состояние

организма во время работы, признаки которого полностью исчезают после обычного (регламентированного) отдыха. При длительной или интенсивной работе, нарушении режимов труда и отдыха симптомы утомления кумулируются и оно может переходить в хроническое утомление и переутомление.

**Хроническое утомление** — это пограничное функциональное состояние организма, которое характеризуется сохранением к началу очередного трудового цикла субъективных и объективных признаков утомления от предыдущей работы, для ликвидации которых необходим дополнительный отдых. Хроническое утомление возникает во время длительной работы при нарушении режимов труда и отдыха. Основными субъективными признаками его являются ощущение усталости перед началом работы, быстрая утомляемость, раздражительность, неустойчивое настроение; объективно при этом отмечается выраженное изменение функций организма, значительное снижение спортивных результатов и появление ошибочных действий.

При хроническом утомлении необходимый уровень спортивной работоспособности может поддерживаться лишь кратковременно за счет повышения биологической цены и быстрого расходования функциональных резервов организма. Для ликвидации неблагоприятных изменений функций организма и сохранения спортивной работоспособности необходимо устранить нарушения режимов тренировок и отдыха, предоставить спортсменам дополнительный отдых. При несоблюдении этих мероприятий хроническое утомление может перейти в переутомление.

**Переутомление** — это патологическое состояние организма, которое характеризуется постоянным ощущением усталости, вялостью, нарушением сна и аппетита, болями в области сердца и других частях тела. Для ликвидации этих симптомов дополнительного отдыха недостаточно, а требуется специальное лечение. Наряду с перечисленными, объективными признаками переутомления являются резкие изменения функций организма, часть которых выходит за пределы нормальных колебаний, потливость, одышка, снижение массы тела, расстройства внимания и памяти, атипичные реакции на функциональные пробы, которые часто не доводятся до конца.

Главным объективным критерием переутомления является резкое снижение спортивных результатов и появление грубых ошибок при выполнении специальных физических упражнений. Спортсмены с признаками переутомления должны быть отстранены от тренировок и соревнований и подвергнуты медицинской коррекции.

Осуществленная физиологами труда количественная оценка работоспособности различных специалистов позволила установить, что снижение прямых и косвенных ее показателей до 15% по сравнению с исходными свидетельствует о развитии в организме явлений утомления, 16-19% — говорит о наличии хронического утомления, а снижение на 20% и более указывает на возникновение переутомления.



#### **4.4. Физиологическая характеристика перетренированности и перенапряжения**

Отклонения от рационального режима тренировочных занятий, несоблюдение величин нагрузки и длительности отдыха ведут к развитию состояний перетренированности и перенапряжения.

##### **Перетренированность**

Систематическое выполнение интенсивных нагрузок на фоне значительного недовосстановления организма приводит к развитию у спортсменов состояния перетренированности. Напряженная двигательная деятельность в этом случае превышает функциональные возможности организма.

**Перетренированность** — это патологическое состояние организма спортсмена, вызванное прогрессирующим развитием переутомления вследствие недостаточного отдыха между тренировочными нагрузками.

Главная причина перетренированности — это недостаточный отдых между нагрузками.

Это состояние характеризуется стойкими нарушениями двигательных и вегетативных функций, плохим самочувствием, падением работоспособности.

Комплексные обследования спортсменов выявили преобладание тонуса симпатической нервной системы, неустойчивость психоэмоционального состояния, которое отражается в большом числе жалоб (до 80% случаев), повышенной мнительности, слезливости, симптомах раздражительной слабости, нарушениях сердечно-сосудистой деятельности. У некоторых лиц возникают явления депрессии, вялости, отсутствие интереса к тренировкам, спортсмен «спит на дистанции».

Отмечено снижение умственной работоспособности.

В развитии перетренированности выделяют 3 стадии.

- Первая стадия характеризуется прекращением роста спортивных результатов или их незначительным снижением, плохим самочувствием, снижением адаптивных реакций организма на нагрузку.
- Вторая стадия связана с прогрессирующим снижением спортивных результатов, затруднением процессов восстановления и дальнейшим ухудшением самочувствия.
- Третья стадия выявляется стойким нарушением функций сердечно-сосудистой, дыхательной и двигательной систем, резким снижением спортивной работоспособности, особенно выносливости, тяжелым самочувствием, постоянными нарушениями сна, отсутствием аппетита, потерей массы тела спортсмена.

Профилактика состояния перетренированности заключается в соблюдении режима тренировок и отдыха, адекватного функциональным

возможностям организма спортсмена.

Восстановление нарушенной работоспособности требует (в зависимости от тяжести состояния перетренированности) либо снижения физических нагрузок, либо полного их прекращения.

Спортсмену необходим активный отдых или полный отдых на протяжении от 1-2 недель до 1 месяца. Рекомендуется применение различных реабилитационных средств — витаминов, биологически активных веществ, массажа, физиотерапии и др.

### **Перенапряжение**

**Перенапряжение** — это резкое снижение функционального состояния организма, вызванное нарушением процессов нервной и гуморальной регуляции различных функций, обменных процессов и гомеостаза. Оно вызывается несоответствием между потребностями организма в энергоресурсах при физической нагрузке и функциональными возможностями их удовлетворения. В развитии этого состояния велика роль гормональной недостаточности — в особенности истощение при работе резервов адренокортикотропного гормона гипофиза.

При развитии перенапряжения нарушается баланс ионов натрия и калия, что вызывает отклонения в нормальном течении процессов возбуждения в нервной и мышечной системах. Эти изменения приводят, в частности, к очаговым и диффузным поражениям сердечной мышцы. При изменении ее состояния возможны даже разрывы мышечных волокон миокарда непосредственно в процессе прохождения дистанции спортсменом. Главной причиной перенапряжения является чрезмерные и форсированные физические нагрузки.

*Выделяют острое и хроническое перенапряжение.*

**Острое перенапряжение** сопровождается резкой слабостью, головокружением, тошнотой, одышкой, сердцебиениями, падением артериального давления. Оно может в наиболее тяжелых случаях вызывать печеночные боли в правом подреберье, острую сердечную недостаточность, обморочное состояние, даже летальный исход.

**Хроническое перенапряжение** отмечается при многократных применениях тренировочных нагрузок, несоответствующих функциональным возможностям организма спортсмена.

Оно проявляется в повышенной усталости, нарушениях сна и аппетита, колющих болях в области сердца, стойких повышении или понижении артериального давления. Работоспособность спортсмена резко падает.

Сокращение или полное прекращение физических нагрузок способствует восстановлению организма. Используют также лекарственные средства лечения сердечно-сосудистых расстройств. При этом необходимо уделять повышенное внимание сбалансированному питанию и дополнительному приему витаминов.

## 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ

1. *Выносливость и ее виды. Функциональные изменения в организме при развитии выносливости.*
2. *Физиологические основы развития силы.*
3. *Физиологические основы развития быстроты.*
4. *Ловкость как проявление координационных способностей нервной системы.*
5. *Гибкость, ее виды и лимитирующие факторы.*

**Физические качества** – это отдельные стороны двигательных способностей человека. В физиологии спорта к основным физическим качествам относят силу, быстроту и выносливость, а ловкость и гибкость можно рассматривать как вторичные (производные) качества.

Развитие физических качеств обусловлено наследственными задатками, то есть выдающиеся спортсмены обладают уникальным генотипом, определяющим высокие специфические функциональные возможности; реализуемые в процессе спортивной тренировки. Сила и быстрота реализуются совместно практически во всех движениях, и если они продолжают сколько-нибудь длительное время, то к ним неизменно присоединяется выносливость. Точно так же можно лишь условно говорить о раздельном развитии каждого физического качества.

В самом начале систематических тренировок все качества совершенствуются одновременно, но в дальнейшем (по мере повышения спортивного мастерства) это развитие дифференцируется.

Формирование высокоспециализированных двигательных навыков требует применения специфических упражнений, при выполнении которых развитие одних физических качеств может препятствовать развитию других. Например, развитие максимальной произвольной силы не будет способствовать развитию быстроты.

После прекращения спортивной тренировки физические качества снижают величину своего проявления до исходного уровня, что происходит в различные сроки. Быстрее всего утрачивается приобретённая путём упражнений быстрота, медленнее – сила и ещё медленнее – выносливость.

### 5.1. Выносливость

В зависимости от типа и характера выполняемой физической (машиной) работы различают:

- 1) статическую и динамическую выносливость, т.е. способность длительно выполнять соответственно статическую или динамическую работу;
- 2) локальную и глобальную выносливость, т.е. способность длительно осуществлять соответственно локальную работу (с участием небольшого

числа мышц) или глобальную работу (при участии больших мышечных групп – более половины мышечной массы);

3) силовую выносливость, т.е. способность многократно повторять упражнения, требующие проявления большой мышечной силы;

4) анаэробную и аэробную выносливость, т.е. способность длительно выполнять глобальную работу с преимущественно (анаэробным или аэробным типом энергообеспечения).

При выполнении упражнений преимущественно аэробного характера скорость потребления кислорода (л  $O_2$ /мин) тем выше, чем больше мощность выполняемой нагрузки (скорость перемещения). Поэтому в видах спорта, требующих проявления большой выносливости, спортсмены должны обладать большими аэробными возможностями:

1) высокой максимальной скоростью потребления кислорода, т.е. большой аэробной «мощностью», и

2) способностью длительно поддерживать высокую скорость потребления кислорода (большой аэробной «емкостью»).

**Максимальное потребление кислорода.** Аэробные возможности человека определяются прежде всего максимальной для него скоростью потребления кислорода. Чем выше МПК, тем больше абсолютная мощность максимальной аэробной нагрузки. Кроме того, чем выше МПК, тем относительно легче и потому длительнее выполнение аэробной работы.

Таким образом, чем выше МПК у спортсмена, тем более высокую скорость он может поддерживать на дистанции, тем, следовательно, выше (при прочих равных условиях) его спортивный результат в упражнениях, требующих проявления выносливости. Чем выше МПК, тем больше аэробная работоспособность (выносливость), т.е. тем больший объем работы аэробного характера способен выполнить человек. Причем эта зависимость выносливости от МПК проявляется (в некоторых пределах) тем больше, чем меньше относительная мощность аэробной нагрузки.

Абсолютные показатели МПК (л  $O_2$ /мин) находится в прямой связи с размерами (весом) тела. Поэтому наиболее высокие абсолютные показатели МПК имеют гребцы, пловцы, велосипедисты, конькобежцы. В этих видах спорта наибольшее значение для физиологической оценки данного качества имеют абсолютные показатели МПК.

Относительные показатели МПК ( $млO_2/кг \cdot мин$ ) у высококвалифицированных спортсменов находятся в обратной зависимости от веса тела.

Уровень МПК зависит от максимальных возможностей двух функциональных систем: 1) кислородтранспортной системы, абсорбирующей кислород из окружающего воздуха и транспортирующей его к работающим мышцам и другим активным органам и тканям тела; 2) системы утилизации кислорода, т.е. мышечной системы, экстрагирующей и утилизирующей доставляемый кровью кислород. У спортсменов, имеющих высокие показатели МПК, обе эти системы обладают большими функциональными возможностями.

Выносливость спортсмена в значительной мере зависит от физиологических особенностей его мышечного аппарата, которые, в свою очередь, определяются специфическими структурными и биохимическими свойствами мышечных волокон.

*Композиция мышц.* Как известно, мышечные волокна человека относятся к двум основным типам: медленным (I) и быстрым (II). Внутри быстрых волокон выделяют два вида: быстрые окислительно-гликолитические (II-A) и быстрые гликолитические (II-B). Медленные волокна лучше, чем быстрые, приспособлены к длительным, относительно несильным повторным сокращениям с преимущественно аэробным типом энергопродукции, характерным для выполнения упражнений на выносливость.

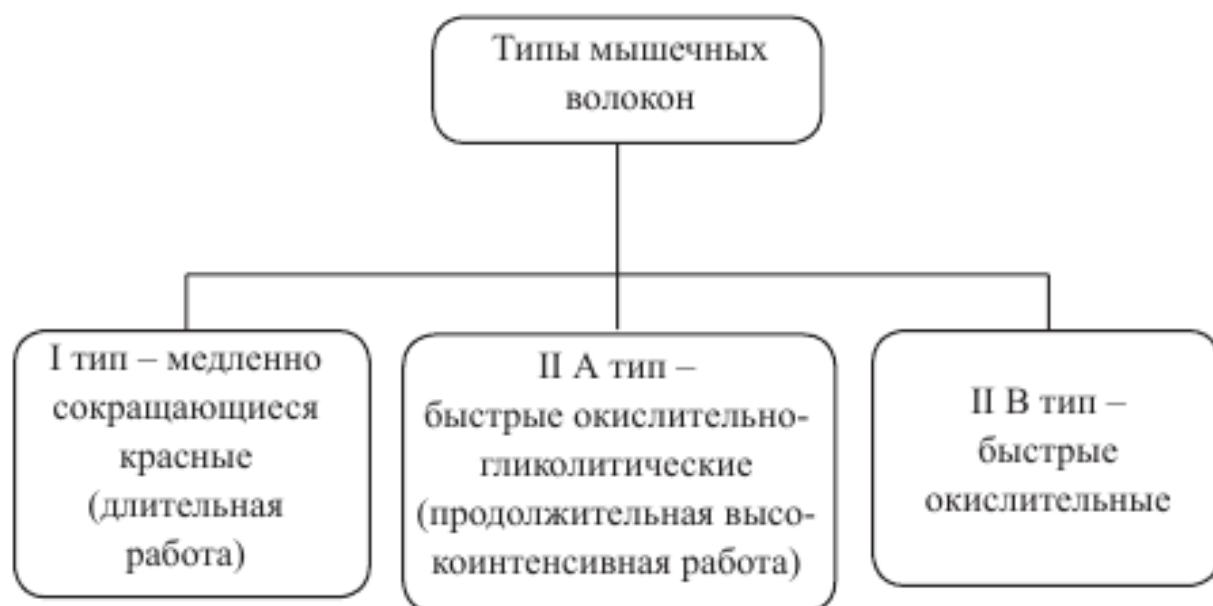


Рис. 6. Типы мышечных волокон

Одним из эффектов тренировки выносливости является увеличение толщины мышечных волокон – рабочая гипертрофия. Об этом свидетельствуют различия в площади поперечного сечения мышечных волокон разного типа у спортсменов и нетренированных мужчин. Тренировка выносливости ведет к рабочей гипертрофии преимущественно саркоплазматического типа, которая связана в большей мере с увеличением саркоплазматического пространства мышечных волокон.

Тренировка выносливости вызывает увеличение числа капилляров, окружающих мышечные волокна, так что возрастает прежде всего число капилляров, приходящихся на одно мышечное волокно. Поэтому, несмотря на утолщение (гипертрофию) волокон, дистанция от капилляра до наиболее удаленных (центральных), митохондрий внутри них, по крайней мере, не уменьшается по сравнению с предтренировочным расстоянием. Среднее число капилляров на 1 мм<sup>2</sup> поперечника мышечных волокон у нетренированных людей составляет 325, а у тренированных – 400.

Повышение выносливости в результате тренировки связано не только с увеличением возможностей кислородтранспортной системы по доставке  $O_2$  к работающим мышцам. В скелетных мышцах происходят также большие изменения, которые приводят к увеличению возможностей всего организма в целом в использовании  $O_2$  т.е. к повышению аэробных возможностей (выносливости) тренирующегося спортсмена. Главные механизмы тренировочного эффекта повышения выносливости мышц связаны с их биохимической адаптацией и подробно рассматриваются в курсе биохимии. Здесь перечислены лишь основные физиологические следствия действия этих биохимических механизмов.

Наиболее характерными эффектами тренировки выносливости являются повышенные емкость и мощность аэробного метаболизма рабочих мышц. Главные биохимические механизмы этих эффектов следующие:

- 1) увеличение содержания и активности специфических ферментов аэробного (окислительного) метаболизма;
- 2) увеличение содержания миоглобина (максимально в 1,5-2 раза);
- 3) повышение содержания энергетических субстратов – мышечного гликогена и липидов (максимально на 50 %);
- 4) усиление способности мышц окислять и углеводы, и особенно жиры.

## **5.2. Формы проявления, механизмы и резервы развития силы**

Сила является одним из ведущих физических качеств спортсмена. Она необходима при выполнении многих спортивных упражнений, особенно в стандартных ациклических видах спорта (тяжелой атлетике, спортивной гимнастике, акробатике и др.).

### **Формы проявления мышечной силы**

Сила мышцы — это способность за счет мышечных сокращений преодолевать внешнее сопротивление. При ее оценке различают абсолютную и относительную мышечную силу.

**Абсолютная сила** — это отношение мышечной силы к физиологическому поперечнику мышцы (площади поперечного разреза всех мышечных волокон). Она измеряется в Ньютонах или килограммах силы на  $1\text{ см}^2$  ( $\text{H}/\text{см}^{-2}$  или  $\text{кг}/\text{см}^{-2}$ ). В спортивной практике измеряют динамометром силу мышцы без учета ее поперечника.

**Относительная сила** — это отношение мышечной силы к ее анатомическому поперечнику (толщине мышцы в целом, которая зависит от числа и толщины отдельных мышечных волокон).

Она измеряется в тех же единицах. В спортивной практике для ее оценки используют более простой показатель: отношение мышечной силы к массе тела спортсмена, т. е. в расчете на 1 кг.

Абсолютная мышечная сила необходима в собственно-силовых упражнениях, где максимальное изометрическое напряжение обеспечивает

преодоление большого внешнего сопротивления — при подъемах штанги максимального или околосреднего веса, при выполнении в гимнастике стойки на кистях, переднего и заднего равновесия на кольцах и упора руки в сторону («крест») и др. Относительная мышечная сила определяет успешность перемещения собственного тела (например, в прыжках).

В зависимости от режима мышечного сокращения различают:

- 1) статическую (изометрическую) силу, проявляемую при статических усилиях,
- 2) динамическую силу — при динамической работе, в том числе так называемую взрывную силу.

Взрывная сила определяется скоростно-силовыми возможностями человека, которые необходимы для придания возможно большего ускорения собственному телу или спортивному снаряду (например, при стартовом разгоне). Она лежит в основе таких важных для спортсмена качеств как прыгучесть (при прыжках) или резкость (в метаниях, ударах). При проявлении взрывной силы важна не столько величина силы, сколько ее нарастание во времени, т.е. градиент силы. Чем меньше длительность нарастания силы до ее максимального значения, тем выше результативность выполнения прыжков, метаний, бросков, ударов.

Скоростно-силовые возможности человека в большей мере зависят от наследственных свойств организма, чем абсолютная изометрическая сила.

### **Физиологические механизмы развития силы**

В развитии мышечной силы имеют значение:

- 1) внутримышечные факторы,
- 2) особенности нервной регуляции и
- 3) психофизиологические механизмы.

**1. Внутримышечные факторы развития силы** включают в себя биохимические, морфологические и функциональные особенности мышечных волокон.

- Физиологический поперечник, зависящий от числа мышечных волокон (он наибольший для мышц с перистым строением).
- Состав (композиция) мышечных волокон: соотношение слабых и более возбудимых медленных мышечных волокон (окислительных, малоутомляемых) и более мощных высокопороговых быстрых мышечных волокон (гликолитических, утомляемых).
- Миофибриллярная гипертрофия мышцы — т.е. увеличение мышечной массы, которая развивается при силовой тренировке в результате адаптационно-трофических влияний и характеризуется ростом толщины и более плотной упаковкой сократительных элементов мышечного волокна — миофибрилл.

**2. Нервная регуляция** обеспечивает развитие силы за счет совершенствования деятельности отдельных мышечных волокон, двигательных единиц (ДЕ) целой мышцы и межмышечной координации. Она включает следующие факторы.

- Увеличение частоты нервных импульсов, поступающих в скелетные мышцы от мотонейронов спинного мозга и обеспечивающих переход от слабых одиночных сокращений их волокон к мощным тетаническим.
- Активация многих ДЕ — при увеличении числа вовлеченных в двигательный акт ДЕ повышается сила сокращения мышцы.
- Синхронизация активности ДЕ — одновременное сокращение возможно большего числа активных ДЕ резко увеличивает силу тяги мышцы.
- Межмышечная координация — сила мышцы зависит от деятельности других мышечных групп: сила мышцы растет при одновременном расслаблении ее антагониста, она уменьшается при одновременном сокращении других мышц и увеличивается при фиксации туловища или отдельных суставов мышцами-антагонистами. Например, при подъеме штанги возникает явление натуживания (выдох при закрытой голосовой щели), приводящее к фиксации мышцами туловища спортсмена и создающее прочную основу для преодоления поднимаемого веса.

**3. Психофизиологические механизмы** увеличения мышечной силы связаны с изменениями функционального состояния (бодрости, сонливости, утомления), влияниями мотиваций и эмоций, усиливающих симпатические и гормональные воздействия со стороны гипофиза, надпочечников и половых желез; биоритмов.

Важную роль в развитии силы играют мужские половые гормоны (андрогены), которые обеспечивают увеличение синтеза сократительных белков в скелетных мышцах. Их у мужчин в 10 раз больше, чем у женщин. Этим объясняется больший тренировочный эффект развития силы у спортсменов по сравнению со спортсменками, даже при абсолютно одинаковых тренировочных нагрузках.

Открытие эффекта андрогенов привело к попыткам ряда тренеров и спортсменов использовать для развития силы аналоги половых гормонов — анаболические стероиды. Однако, вскоре обнаружились пагубные последствия их приема. В результате действия анаболиков у спортсменов-мужчин подавляется функция собственных половых желез (вплоть до полной импотенции и бесплодия), а у женщин-спортсменок происходит изменение вторичных половых признаков по мужскому типу (огрубение голоса, изменение характера оволосения) и нарушается специфический биологический цикл женского организма (возникают отклонения в длительности и регулярности месячного цикла, вплоть до полного его прекращения и подавления детородной функции). Особенно тяжелые последствия наблюдаются у спортсменов-подростков. В результате подобные препараты были отнесены к числу запрещенных допингов.

Попытки заставить мышцу развивать мощные тетанические со-



кращения с помощью электростимуляции также не привели к успеху. Эффект воздействия прекращался через 1 -2 недели, а искусственно вызванная способность развивать сильные сокращения не могла полноценно использоваться, так как не включалась в необходимые двигательные навыки.

### **Функциональные резервы силы**

У каждого человека имеются определенные резервы мышечной силы, которые могут быть включены лишь при экстремальных ситуациях (чрезвычайная опасность для жизни, чрезмерное психоэмоциональное напряжение и т.п.).

В условиях электрического раздражения мышцы или под гипнозом можно выявить максимальную мышечную силу, которая окажется больше той силы, которую человек проявляет при предельном произвольном усилии — так называемой максимальной произвольной силы. Разница между максимальной мышечной силой и максимальной произвольной силой называется дефицитом мышечной силы. Эта величина уменьшается в ходе силовой тренировки, так как происходит перестройка морфофункциональных возможностей мышечных волокон и механизмов их произвольной регуляции.

У систематически тренирующихся спортсменов наряду с экономизацией функций происходит относительное увеличение общих и специальных физиологических резервов. При этом первые реализуются через общие для различных упражнений проявления физических качеств, а вторые — в виде специальных для каждого вида спорта навыков и особенностей силы, быстроты и выносливости.

К числу общих функциональных резервов мышечной силы отнесены следующие факторы:

- включение дополнительных ДЕ в мышце;
- синхронизация возбуждения ДЕ в мышце;
- своевременное торможение мышц-антагонистов;
- координация (синхронизация) сокращений мышц-агонистов;
- повышение энергетических ресурсов мышечных волокон;
- переход от одиночных сокращений мышечных волокон к тетаническим;
- усиление сокращения после оптимального растяжения мышцы;
- адаптивная перестройка структуры и биохимии мышечных волокон (рабочая гипертрофия, изменение соотношения объемов медленных и быстрых волокон и др.).

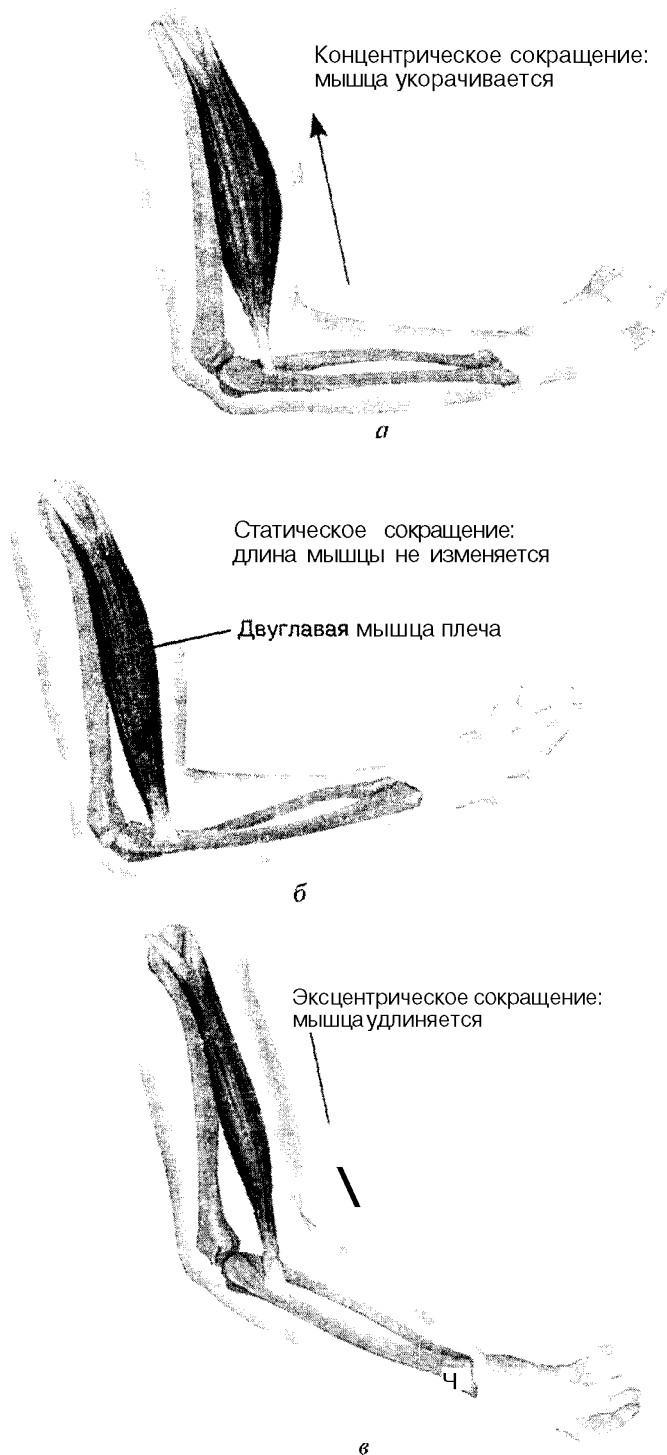
### **Типы мышечного сокращения**

Мышечное движение можно разделить на три типа сокращения: концентрическое, статическое и эксцентрическое. Эти три типа сокращения мышцы характерны для многих видов деятельности, например, бега или прыжков, при выполнении плавного координированного движения. Рассмотрим каждый тип отдельно.

**Концентрическое сокращение.** Основной тип активации мышцы — сокращение — является концентрическим (рис. 7, а). Этот вид сокращения наиболее нам знаком. Чтобы понять, как сокращается мышца, вспомним о том, как скользят друг относительно друга актиновые и миозиновые филаменты. Исходя из того, что при этом производится движение сустава, концентрические сокращения считаются динамическими.

**Статическое сокращение.** Мышцы также могут активироваться, не изменяя своей длины. Когда это происходит, мышца производит силу, однако ее длина остается статичной (не изменяется). Это называется статическим сокращением (рис. 7, б), поскольку угол сустава не изменяется. Другое название — изометрическое сокращение. Это происходит, например, когда вы пытаетесь поднять какой-то предмет, масса которого больше величины силы, произведенной вашей мышцей, или когда вы удерживаете какой-то предмет, согнув руку в локте. В обоих случаях вы ощущаете напряжение мышц, однако они не могут сдвинуть тяжесть и поэтому не сокращаются. При этой активации мышцы поперечные мостики миозина образуются и выполняют повторные циклы, производя силу, однако ввиду значительной внешней силы актиновые филаменты не могут двигаться. Они остаются в своем обычном положении, поэтому сокращение не происходит. При вовлечении достаточного числа двигательных единиц, которые производят силу, достаточную для преодоления сопротивления, статическое сокращение может перейти в динамическое.

**Эксцентрическое сокращение.** Мышцы способны производить силу в процессе удлинения. Это — эксцентрическое сокращение (рис. 7, в). Это также динамический процесс, поскольку происходит движение сустава. Например, сокращение двуглавых мышц плеча, когда вы опускаете тяжелый предмет, выпрямив руку в локте. В этом случае актиновые филаменты еще больше удаляются от центра саркомера и растягивают его.



**Рис 7. Типы сокращений.**

*При концентрическом сокращении мышцы актиновые филаменты подтягиваются друг другу, тем самым увеличивается площадь их перекрытия с миозиновыми филаментами (а).*

*При статическом мышечном сокращении происходит образование и осуществляется повторный цикл миозиновых поперечных мостиков, однако ввиду значительной силы актиновые филаменты не двигаются (б).*

*Во время эксцентрического сокращения актиновые филаменты еще больше раздвигаются (в).*

### 5.3. Быстрота

Значительная часть спортивных упражнений не только требует максимально возможного развития скорости движений, но и происходит в условиях дефицита времени. Достижение успеха в подобных упражнениях возможно лишь при хорошем развитии физического качества быстроты.

**Быстрота** – это способность совершать движения в минимальный для данных условий отрезок времени. Различают комплексные и элементарные формы проявления быстроты.

В естественных условиях спортивной деятельности быстрота проявляется обычно в комплексных формах, включающих скорость двигательных действий и кратковременность умственных операций, и в сочетании с другими качествами.

К элементарным формам проявления быстроты относятся следующие.

Общая скорость однократных движений (или время одиночных действий) – например, прыжков, метаний.

*Время двигательной реакции* – латентный (скрытый) период простой (без выбора) и сложной (с выбором) сенсомоторной реакции, реакции на движущийся объект (имеющее особенное значение в ситуационных упражнениях и спринте).

Максимальный темп движений, характерный, например, для спринтерского бега.

Оценка времени двигательной реакции (ВДР) производится от момента подачи сигнала до ответного действия. Она является одним из наиболее распространенных показателей при тестировании быстроты. Это время чрезвычайно мало для передачи возбуждения от рецепторов в нервные центры и от них к мышцам. В основном оно затрачивается на проведение и обработку информации в высших отделах мозга и поэтому служит показателем функционального состояния центральной нервной системы. У нетренированных лиц величина ВДР при движении пальцем в ответ на световой сигнал укорачивается с возрастом от 500-800 мс у детей 2-3-х лет до 190 мс у взрослых людей. Для спортсменов характерны более короткие величины этой реакции: в среднем, 120 мс у спортсменов и 140 мс – у спортсменок. У высококвалифицированных представителей ситуационных видов спорта и бегунов на короткие дистанции эти величины еще меньше – порядка 110 мс, в отличие от бегунов-стайеров, показывающих 200-300 мс и более. При выполнении специализированных упражнений ВДР у высококвалифицированных спортсменов также очень невелико. Так, стартовое время (от выстрела стартового пистолета до ухода со старта) у бегунов-спринтеров, участников Олимпийских игр и чемпионатов мира, составляет, в среднем, при беге на 50-60 м 139 мс у мужчин и 159 мс у женщин, при беге на 100 м, соответственно, 150-160 мс и 190 мс. Знаменитый спринтер Бен Джонсон мог уходить со старта через 99,7 мс.

По теоретическим расчетам ВДР, равное 80-90 мс, вообще составляет для человека предел его функциональных возможностей.

Факторами, влияющими на ВДР, являются врожденные особенности человека, его текущее функциональное состояние, мотивации и эмоции, спортивная специализация, уровень спортивного мастерства, количество воспринимаемой спортсменом информации.

Другим простым показателем быстроты является максимальный темп постукиваний пальцем за короткий интервал времени – 10 с, так называемый теппинг-тест. Взрослые лица производят 50-60 движений за 10 с, спортсмены ситуационных видов спорта и спринтеры – порядка 60-80 движений и более.

Особым проявлением быстроты является скорость специализированных умственных операций: при решении тактических задач высококвалифицированные спортсмены затрачивают всего 0,5-1,0 с, а время принятия решения составляет у них половину этого периода.

Физиологические механизмы развития быстроты. В основе проявления качества быстроты лежат индивидуальные особенности протекания физиологических процессов в нервной и мышечной системах. Быстрота зависит от следующих факторов:

Лабильность – скорость протекания возбуждения в нервных и мышечных клетках.

Подвижность нервных процессов – скорость смены в коре больших полушарий возбуждения торможением и наоборот.

Соотношение быстрых и медленных мышечных волокон в скелетных мышцах.

Уровень лабильности и подвижности нервных процессов определяет скорость восприятия и переработки поступающей информации, а лабильность мышц и преобладание быстрых двигательных единиц (ДЕ) – скорость мышечного компонента быстроты (сокращения и расслабления мышцы, максимальный темп движений).

В сложных ситуациях, требующих реакции с выбором, и при увеличении поступающей информации большое значение имеет пропускная способность мозга спортсмена – количество перерабатываемой информации за единицу времени. Величина ВДР прямопропорционально нарастает с увеличением числа возможных альтернативных решений – до 8 альтернатив, а при большем их числе оно резко и непропорционально повышается.

При осуществлении реакции на движущийся объект (РДО) большое значение приобретают явления экстраполяции, позволяющие предвидеть возможные траектории перемещения соперников или спортивных снарядов, что ускоряет подготовку ответных действий спортсмена. Это особенно необходимо, например, в хоккее, теннисе, стрельбе по летящим тарелкам и т. п. Способствуют этому и поисковые движения глаз: быстрота действий спортсмена здесь связана со скоростными возможностями мышц глазодвигательного аппарата, без которых невозможно эффективно осуществлять следящие движения.

*Физиологические резервы развития быстроты.* В особых ситуациях (электрическое раздражение, гипноз, сильное эмоциональное потрясение) у человека может неимоверно возрасти быстрота его реакций. Так, например,

максимальный темп постукиваний достигает 15 в 1с, хотя при произвольных движениях он не превышает 6-12 в 1с. Это доказывает наличие физиологических резервов быстроты даже у нетренированного человека.

*В процессе спортивной тренировки рост быстроты обусловлен следующими механизмами.*

- Увеличение лабильности нервных и мышечных клеток, ускоряющих проведение возбуждения по нервам и мышцам.
- Рост лабильности и подвижности нервных процессов увеличивающих скорость переработки информации в мозгу.
- Сокращение времени проведения возбуждения через межнейронные и нервно-мышечные синапсы.
- Синхронизация активности ДЕ в отдельных мышцах и разных мышечных групп.
- Своевременное торможение мышц-антагонистов.
- Повышение скорости расслабления мышц.

Для каждого человека имеются свои пределы роста быстроты, контролируемые генетически. Скорость ее нарастания также является врожденным свойством. Кроме того, в спорте существует явление стабилизации скорости движений на некотором достигнутом уровне. Повысить этот предел произвольно обычно не удастся, и в тренировке применяются специальные средства: бег под горку, бег на тредбане с повышенной скоростью с использованием виса на ремнях, бег за мотоциклом, за лошастью, плавание с тянущей резиной и т. п. Этим путем достигается дополнительное повышение лабильности нервных центров и работающих мышц.

#### **5.4. Ловкость**

Ловкость является проявлением координационных способностей нервной системы, выражающихся в точности выполнения движений в пространстве и времени, согласовании их в целостную комбинацию в соответствии с требованиями меняющейся обстановки. Координационные способности определяются спецификой конкретного вида спорта и весьма разнообразны. К ним относятся способности к кинестезическому дифференцированию (определение положения различных частей тела и его перемещения, т. е. создание «схемы тела»), ориентированию в пространстве, сохранению равновесия (устойчивого положения тела в пространстве), быстроте перестроения двигательных действий и чувство ритма.

В основе координационных движений лежит согласование деятельности различных мышечных групп при осуществлении двигательного акта на основе:

- 1) интеграции информации от многих сенсорных систем (в том числе двигательной),
- 2) с учётом данных «моторной памяти»,

- 3) деятельности иерархической многоуровневой системы регуляции движений,
- 4) кольцевого управления движениями на основе сенсорных коррекций,
- 5) способности ЦНС к экстраполяции.

Ловкость достаточно хорошо развивается в процессе индивидуальной жизни человека, в том числе при спортивной тренировке. Качество ловкости представляет собой сложный комплекс способностей. В противоположность этому гибкость находится под значительным генетическим контролем и требуется тщательный отбор и раннее ее развитие в онтогенезе.

Ловкостью считают:

- способность создавать новые двигательные акты и двигательные навыки;
- быстро переключаться с одного движения на другое при изменении ситуации;
- выполнять сложно-координационные движения.

Таким образом, под ловкостью, с одной стороны, понимают определенные творческие способности человека незамедлительно формировать двигательное поведение в новых, необычных условиях, а с другой стороны, — координационные его возможности.

Критериями ловкости являются координационная сложность, точность движений и быстрое их выполнение. В основе этих способностей лежат явления экстраполяции, хорошая ориентация в вероятностной среде, предвидение возможной будущей ситуации, быстрая реакция на движущийся объект, высокий уровень лабильности и подвижности нервных процессов, умение легко управлять различными мышцами. В процессе тренировки для развития ловкости требуется варьирование различных условий выполнения одного и того же двигательного действия, использование дополнительной срочной информации о результате движений, формирование навыка быстрого принятия решений в условиях дефицита времени.

Различают общую и специальную ловкость. Между разными видами ловкости нет достаточно выраженной связи. Вместе с тем ловкость имеет самые многообразные связи с другими физическими качествами, тесно связана с двигательными навыками, содействуя их развитию, они в свою очередь улучшают ловкость. Двигательные навыки, как известно, приобретаются в первые пять лет жизни (около 30 % общего фонда движений), а к 12 годам составляют уже 90 % от движений взрослого человека. Уровень мышечной чувствительности, достигнутый в молодые годы, сохраняется дольше, чем способность к усвоению новых движений.

Ловкость – весьма специфическое качество. Можно обладать хорошей ловкостью в играх и недостаточной в спортивной гимнастике. Поэтому её целесообразно рассматривать в связи с особенностями конкретного вида спорта. Ловкость приобретает особую важность в тех видах спорта, которые отличаются сложной техникой и непрерывно изменяющимися условиями (спортивные игры).

Упражнения для развития ловкости должны включать элементы новизны, должны быть связаны с мгновенным реагированием на внезапно меняющуюся обстановку. Обычно для развития ловкости применяют повторный и игровой методы. Наиболее распространенные средства при развитии и совершенствовании ловкости занимают акробатические упражнения, спортивные и подвижные игры.

Оценка ловкости спортсменов осуществляется педагогическими методами, исходя из координационной сложности упражнения, точности и времени их выполнения (обычно в первой половине занятий). Эффективность и надёжность выполнения технических приёмов в разных видах спорта в ходе тренировочной и особенно соревновательной деятельности также могут характеризовать ловкость.

## **5.5. Гибкость**

Гибкость определяется как способность совершать движения в суставах с большой амплитудой, т. е. суставная подвижность. Она зависит от способности к управлению двигательным аппаратом и его морфофункциональных особенностей (вязкости мышц, эластичности связочного аппарата, состояния межпозвоночных дисков). Гибкость улучшается при разогревании мышц и ухудшается на холоде. Она снижается в сонном состоянии и при утомлении. Величина гибкости минимальна утром и достигает максимума к середине дня (12-17 час). Улучшение гибкости происходит, когда во время предстартового возбуждения повышается частота сердечных сокращений, нарастает кровоток через мышцы и в результате разминка приводит к их разогреванию.

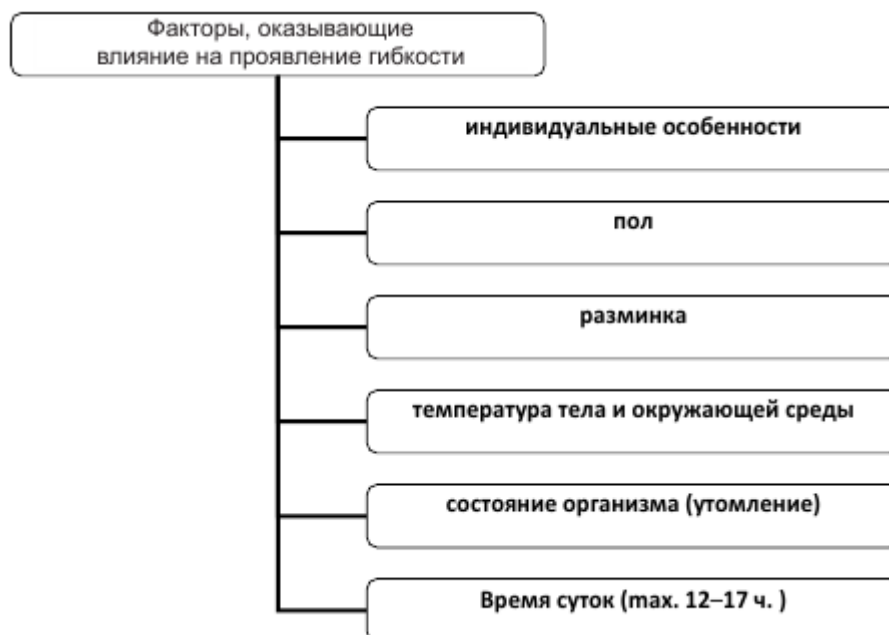
Различают активную гибкость при произвольных движениях в суставах и пассивную гибкость — при растяжении мышц внешней силой. Пассивная гибкость обычно превышает активную. У женщин связочно-мышечный аппарат обладает большей гибкостью по сравнению с мужчинами, им легче осваивать многие сложные упражнения на гибкость (например, поперечный шпагат). У лиц зрелого и пожилого возраста раньше всего снижается гибкость позвоночника, но гибкость пальцев и кисти сохраняется дольше всего.

Утомление также ограничивает амплитуду активных движений и растяжимость мышечно-связочного аппарата (рис. 8).

Гибкость зависит от возраста. Обычно подвижность крупных звеньев тела постепенно увеличивается до 12–13 лет, в этом возрасте мышечно-связочный аппарат более эластичен и растяжим (рис. 8). В возрасте от 13–14 лет наблюдается стабилизация развития гибкости, и, как правило, к 16–17 годам стабилизация заканчивается, происходит остановка развития, а затем гибкость имеет устойчивую тенденцию к снижению. Вместе с тем, если после 13–14 лет не выполнять упражнения растягивания, то гибкость начнёт снижаться уже в юношеском возрасте. И наоборот, в возрасте 40–50 лет регулярные занятия с применением разнообразных средств и методов



повышают гибкость. Гибкость зависит и от пола. Так подвижность в суставах у девушек выше, чем у юношей примерно на 20–30 %. Процесс развития гибкости индивидуален. Развивать и поддерживать гибкость необходимо постоянно (рис. 8).



*Рис. 8. Факторы, оказывающие влияние на проявление гибкости*

## **6. АДАПТАЦИЯ К МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И РЕЗЕРВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА**

*1. Адаптация и общий адаптационный синдром. Срочная и долговременная адаптация.*

*2. Понятие о функциональных резервах организма и их классификации. Тренировочные эффекты.*

### **6.1. Адаптация, цена адаптации. Динамика адаптационных изменений в организме, ее стадии**

С физиологической точки зрения адаптация – это совокупность физиологических реакций, лежащая в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленная на сохранение относительного постоянства его внутренней среды – гомеостаза.

Приспособительные изменения в здоровом организме бывают двух видов:

1) изменения в привычной зоне колебаний факторов среды, когда система функционирует в привычных для ее условиях, т.е. качественные и количественные характеристики факторов среды организму «известны», и их воздействие организм компенсирует своими резервными возможностями, сохраняя при этом относительное постоянство внутренней среды. Таковую группу изменений называют обычными физиологическими реакциями, т.к. они не связаны с существенными физиологическими перестройками в организме и не выходят за пределы условной физиологической нормы;

2) изменения при действии факторов среды, имеющие качественные и количественные отличия от «привычных» показателей действующих факторов. При этом для сохранения гомеостаза внутренней среды организм должен включить дополнительные механизмы компенсаторных реакций. Данная группа изменений отличается значительным использованием физиологических резервов и перестройкой функциональных систем – это так называемые адаптационные сдвиги.

В динамике адаптационных изменений у спортсменов выделяют 4 стадии:

1. 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 происходит увеличение числа активных двигательных единиц, дополнительное включение мышечных волокон, увеличение силы и скорости сокращения мышц, увеличение в мышцах гликогена, АТФ и креатинфосфата. Спортивная работоспособность на этой стадии неустойчива.

Основная нагрузка ложится на регуляторные механизмы – за счет их напряжения осуществляется приспособление физиологических реакций и метаболизма к возросшим физическим нагрузкам. При этом в некоторых случаях изменения функций организма могут носить выраженный характер.

2. Стадия адаптированности (тренированности). 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.

3. Стадия дезадаптации организма развивается в результате перенапряжения адаптационных механизмов и включения компенсаторных реакций вследствие интенсивных тренировочных нагрузок и недостаточного отдыха между ними. Процесс дезадаптации по сравнению с процессом приспособления происходит медленнее, причем сроки его наступления, продолжительность и степень выраженности функциональных изменений зависят от индивидуальных особенностей организма. Данная стадия характеризуется отсутствием признаков активации нервной и эндокринной систем, также имеет место некоторое снижение общей функциональной устойчивости организма. Это состояние может быть отнесено к предболезненному. При дезадаптации наблюдается эмоциональная и вегетативная неустойчивость, раздражительность, вспыльчивость, головные боли, нарушение сна; снижается умственная и физическая работоспособность.

Стадия дезадаптации по своим патофизиологическим основам в значительной мере соответствует состоянию перетренированности спортсменов.

4. Стадия реадaptации возникает после длительного перерыва в систематических тренировках или при их полном прекращении и отличается приобретением некоторых исходных свойств и качеств организма.

Таким образом, каждая из перечисленных стадий характеризуется своими функциональными изменениями и регуляторно-энергетическими механизмами. Принципиальное значение в спорте имеют две первые стадии. Применительно к общей схеме адаптации такие стадии свойственны людям в процессе приспособления к любым условиям деятельности.

За систематические чрезмерные физические нагрузки, а затем за их прекращение организм спортсменов в дальнейшем платит определенную биологическую цену, что может выражаться развитием кардиосклероза, ожирением, снижением резистентности клеток и тканей к различным неблагоприятным воздействиям и повышением уровня общей заболеваемости.

Цена адаптации может проявляться в двух различных формах:

1) в прямом изнашивании функциональной системы, на которую при адаптации падает основная нагрузка;

2) в явлениях отрицательной перекрестной адаптации, т.е. когда у адаптированных к определенной физической нагрузке людей возникают нарушения в других функциональных системах, не связанных с этой нагрузкой.

Цена адаптации в значительной мере зависит от вида физических нагрузок, к которым происходит приспособление.

## **6.2. Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам**

Одним из неперемennых условий развития адаптации к физическим нагрузкам является мобилизация и использование физиологических резервов организма. Это осуществимо в условиях систематических занятий спортом (тренировок).

С физиологической точки зрения ведущими в тренировке являются повторность и возрастание физических нагрузок, что позволяет за счет обратных связей совершенствовать функциональные возможности органов и систем и их энергетическое обеспечение на основе механизма саморегуляции организма. С этих позиций тренировка сводится к активизации механизмов адаптации, включению физиологических резервов, благодаря которым организм человека легче и быстрее приспособливается к повышенным нагрузкам, совершенствуя свои физические, физиологические и психические качества, повышая состояние тренированности.

Тренированность – это уровень функционального состояния организма, который характеризуется совершенствованием механизмов регуляции, увеличением физиологических резервов и готовностью к их мобилизации, что выражается в его повышенной устойчивости к длительным и интенсивным физическим нагрузкам и высокой работоспособности.

Развившееся в процессе тренировки состояние тренированности по своим физиологическим механизмам и морфофункциональной сути соответствует стадии адаптированности организма к физическим нагрузкам. У понятий «адаптация», «адаптированность», с одной стороны, и «тренировка», «тренированность», с другой стороны, много общих черт, главной из которых является достижение нового уровня работоспособности на основе образования в организме специальной адаптивной функциональной системы с определенным уровнем физиологических констант.

Тренировка и тренированность – понятия педагогические, хотя и базируются на знаниях физиологических закономерностей организма спортсменов. Исследование и характеристика этих процессов и состояний, связанных прежде всего с обоснованием рационально построенных тренировочных нагрузок, является прерогативой педагогов.

Адаптация и адаптированность спортсменов к физическим нагрузкам и все функциональные и структурные перестройки, происходящие при этом в организме, относятся к биологическим категориям и составляют основные научные и учебные проблемы медиков и физиологов.

Адаптация организма к физическим нагрузкам заключается в мобилизации и использовании функциональных резервов организма, в совершенствовании имеющихся физиологических механизмов регуляции.

При этом новых функциональных явлений и механизмов в процессе адаптации не наблюдается, а уже имеющиеся 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 использования их резервов, 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 такого 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.

### **6.3. Срочная и долговременная адаптация к физическим нагрузкам**

Выделяют 2 вида адаптации – срочную (несовершенную) и долговременную (совершенную).

1. Срочная адаптация возникает непосредственно после начала действия раздражителя и может реализоваться на основе готовых, ранее сформировавшихся физиологических механизмов и программ (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 и др.). Отличительной чертой срочной адаптации является то, что деятельность организма протекает на пределе его возможностей при почти полной мобилизации физиологических резервов, но далеко не всегда обеспечивает необходимый адаптационный эффект.

Срочная адаптация к физическим нагрузкам характеризуется максимальной по уровню и неэкономичной гиперфункцией, отвечающей за адаптацию функциональной системы, резким снижением физиологических резервов данной системы, явлениями чрезмерной стресс-реакции организма и возможным повреждением органов и систем.

2. Долговременная адаптация возникает постепенно, в результате длительного или многократного действия на организм факторов среды. 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-либо изменений организм приобретает новое качество в определенном виде деятельности.

В результате обеспечивается осуществление организмом ранее недостижимой 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.

В процессе адаптации организма энергетический обмен перестраивается в направлении более экономного расходования энергии в состоянии покоя и повышенной мощности метаболизма в условиях физического напряжения.

Таким образом, долговременная адаптация сопровождается следующими физиологическими процессами:

- а) перестройкой регуляторных механизмов;
- б) мобилизацией и использованием резервных возможностей организма;
- в) формированием специальной функциональной системы адаптации к конкретной трудовой (спортивной) деятельности человека.

Данные физиологические реакции являются главными и основными составляющими процесса адаптации, а общебиологическая закономерность таких приспособительных перестроек относится к любой деятельности человека.

#### **6.4. Функциональная система адаптации**

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

- 1) афферентное;
- 2) центральное регуляторное;
- 3) 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 получают раздражения из внешней среды и от самого организма и участвуют в осуществлении так называемого афферентного синтеза, необходимого для адаптации. Афферентный синтез возникает, по мнению П.К. Анохину, при взаимодействии мотивации, памяти, обстановочной и пусковой информации. В спорте в одних случаях (например, у бегунов, лыжников, гимнастов) афферентный синтез для принятия решения о начале своих движений относительно прост, и это облегчает формирование адаптивной системы, в других же (единоборства, спортивные игры) весьма сложен, что затрудняет образование такой системы.

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, идущая 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, перераспределение кровотока и др.).

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.

## **6.5. Физиологические резервы организма и их характеристика**

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.

В качестве примера проявления физиологических резервов можно указать на то, что во время тяжелой физической нагрузки минутный объем крови (МОК) у хорошо тренированного человека может достигать 40л, т.е. увеличиваться в 8 раз, легочная вентиляция при этом возрастает в 10 раз, обуславливая увеличение потребления кислорода и выделение углекислого газа в 15 раз и более. В таких условиях работа сердца человека, как показывают расчеты, возрастает в 10 раз.

Все резервные возможности организма Л.С. Мозжухин предлагает разделить на две группы:

1. Социальные резервы (психологические и спортивно-технические).
2. Биологические резервы (структурные, биохимические и физиологические).



Физиологические резервы включаются 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 (тренировки, соревнования). Включение резервов происходит благодаря нейрогуморальным влияниям, а также волевым усилиям и эмоциям;

- резервы третьей очереди включаются обычно в борьбе за жизнь, часто после потери сознания, в агонии. Включение резервов этой очереди обеспечивается безусловно-рефлекторным путем и обратной гуморальной связью.

Во время соревнований или работы в экстремальных условиях диапазон физиологических резервов снижается, поэтому основная задача состоит в его повышении. Оно может достигаться закаливанием организма, общей и специально направленной физической тренировкой, использованием фармакологических средств и адаптогенов. При этом тренировки восстанавливают и закрепляют физиологические резервы организма, ведут к их расширению. И.П. Павлов указывал, что израсходованные ресурсы организма восстанавливаются не только до исходного уровня, но и с некоторым избытком (феномен избыточной компенсации). Биологический смысл этого феномена огромен: 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 и выносливее, т.е. в итоге расширяются его физиологические резервы.

## **7. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕНИРОВКИ И СОСТОЯНИЯ ТРЕНИРОВАННОСТИ**

1. *Структурно-функциональные эффекты тренировки и характеристика состояния тренированности.*
2. *Тренировочные нагрузки.*
3. *Физиологическое обоснование основных принципов спортивной тренировки.*

Спортивная тренировка, с физиологической точки зрения, представляет собой многолетний процесс адаптации организма человека к требованиям, которые ему предъявляет избранный вид спорта.

Как во всяком педагогическом процессе, в ходе тренировки соблюдаются *общие педагогические принципы* — активности, сознательности, наглядности, систематичности, последовательности, доступности и прочности.

Вместе с тем, имеются *специфические принципы тренировки* — единство общей и специальной физической подготовки, непрерывность и цикличность тренировочного процесса, постепенное и максимальное повышение тренировочных нагрузок.

Эти принципы обусловлены закономерностями развития физических качеств и формирования двигательных навыков у человека, особенностями функциональных перестроек в организме, изменением диапазона функциональных резервов спортсмена.

### **7.1. Физиологические основы процесса тренировки**

Лишь на базе общей (неспециализированной) подготовки, в результате развития физических качеств и роста функциональных возможностей организма, осуществляется переход к специализированным формам подготовки спортсмена в избранном виде спорта. Этот процесс должен быть по возможности непрерывным, так как перерывы в систематических занятиях приводят к резкому падению достигнутого уровня проявления качественных сторон двигательной деятельности и освоения двигательных навыков. Так, например, достигнутый у подростков на протяжении первого года занятий рост мышечной силы за время летнего перерыва практически полностью теряется.

Цикличность тренировочного процесса связана с тем, что выход на наиболее высокий уровень специальной работоспособности осуществляется постепенно на протяжении подготовительного периода (3-4 мес).

К соревновательному периоду спортсмен достигает высокого уровня работоспособности, но поддерживать этот достигнутый на данном этапе наивысший уровень функциональных и психических возможностей человек может лишь ограниченное время (не более 4-5 мес). После чего необходим

определенный отдых, переключение на другую деятельность, снижение нагрузки, т. е. переходный период.

Годичный тренировочный цикл (или 2 цикла в году), в свою очередь, подразделяется на промежуточные мезоциклы, а те — на недельные микроциклы. Такая цикличность соответствует естественным биоритмам человеческого организма и, кроме того, позволяет варьировать применяемые физические нагрузки.

Правильное чередование тяжести физических нагрузок с оптимальными интервалами отдыха обеспечивает возможность использования явлений суперкомпенсации — сверхвосстановления организма, когда следующее тренировочное занятие начинается с более высокого уровня работоспособности по сравнению с исходным. При этом режиме неуклонно растут результаты спортсмена и сохраняется его здоровье. Слишком большие интервалы не дают никакого прироста, а недостаточные интервалы приводят к падению работоспособности и ухудшению функционального состояния организма.

Тренировочные нагрузки должны постепенно повышаться в зависимости от достигнутого уровня функциональных возможностей, иначе даже при систематических занятиях будет обеспечиваться лишь их поддерживающий эффект. Например, при физических нагрузках у молодых людей ЧСС должна быть выше 150 уд/мин, а у пожилых — выше 130 уд/мин, иначе адаптивных сдвигов в организме, в частности в состоянии сердечной мышцы, не будет наблюдаться.

Для достижения высоких спортивных результатов должны использоваться максимальные нагрузки, которые вызывают мобилизацию функциональных резервов центральной нервной системы, двигательного аппарата и вегетативных систем, оставляя функциональный и структурный след тренировки.

## **7.2. Физиологические основы состояния тренированности**

Правильная организация тренировочного процесса обуславливает состояние адаптированности спортсмена к специализированным нагрузкам или состояние тренированности.

В результате адаптации к физическим нагрузкам создаются два основных положительных функциональных эффекта.

1. повышение функциональных возможностей организма в целом и тех систем, которые обеспечивают выполнение тренируемого упражнения. Это выявляется при выполнении предельных, максимальных тестов, например, увеличение максимального потребления кислорода при тренировке выносливости.

2. повышение экономичности (эффективности) деятельности всего организма в целом и его систем и органов, что выявляется при выполнении стандартной не максимальной нагрузки.

В условиях относительного мышечного покоя (условия обыденной жизни) у человека возможно зарегистрировать функциональные изменения

деятельности висцеральных систем, свидетельствующие о состоянии тренированности или его динамике, но при этом следует учитывать следующее:

1) некоторые показатели, достигнув определённого уровня в первые годы тренировки, в дальнейшем почти не меняются (например, ЖЕЛ, ЧСС), а другие – более лабильны (объём; сердца и т. д.);

2) физиологические показатели зависят от спортивной специализации, а также от индивидуальных особенностей человека;

3) суждение о динамике тренированности можно высказать только с учётом исследования нескольких систем, а также педагогических данных.

Уровень специальной работоспособности спортсмена называют **тренированностью**, при этом в организме человека происходят морфологические, биохимические и физиологические изменения, приводящие к повышению его работоспособности.

Овладение рациональной техникой выполнения упражнений, совершенство координации движений, повышение экономичности дыхания и кровообращения приводят к снижению энерготрат на стандартную работу, т.е. повышает ее КПД.

Наиболее высокий уровень тренированности достигается в состоянии спортивной формы. Это состояние требует предельно возможной мобилизации всех функциональных систем организма, значительного напряжения регуляторных процессов. Соответственно, оно может сохраняться непродолжительное время в зависимости от индивидуальных особенностей спортсмена, его квалификации и др. факторов. Цена такого уровня адаптации оказывается высокой — при этом повышается реактивность организма на действие неблагоприятных условий среды, снижается его устойчивость к простудным и инфекционным заболеваниям, т. е. резко снижается иммунитет.

Характер физиологических сдвигов определяется направленностью тренировочного процесса — на быстроту, силу или выносливость, особенностями двигательных навыков, величиной нагрузки на отдельные мышечные группы и т. п., т. е. тренировочные эффекты специфичны.

Тренировочный эффект зависит от объема физической нагрузки — ее длительности, интенсивности и частоты. Однако у каждого человека имеется генетически определяемый предел функциональных перестроек в процессе тренировки — его генетическая норма реакции. При одинаковых физических нагрузках различные люди отличаются по величине и скорости изменений функциональной подготовленности, т.е. по тренируемости.

Влияние наследственных факторов определяет степень развития физических качеств. Наименее тренируемыми качествами являются быстрота, гибкость, скоростно-силовые возможности. Генетически обусловлены изменения многих физиологических показателей ( МПК, анаэробных возможностей, максимальной величины ЧСС, роста жизненной емкости легких и др.).

### 7.3. Тренировочные нагрузки

Тренировочная нагрузка является своеобразным раздражителем, стимулирующим процессы адаптации, вызывая нарушения гомеостаза, восстановление которого завершается суперкомпенсацией.

Чтобы вызвать выраженный тренировочный эффект, тренировочная нагрузка должна превышать некоторую пороговую величину, последняя заведомо превышает обычную (повседневную бытовую или привычную тренировочную) нагрузку.

**Пороговая нагрузка** должна находиться в определённом соответствии с текущими функциональными возможностями данного человека, так как одна и та же тренировочная нагрузка может быть пороговой или даже надпороговой (тренирующей) нагрузкой для малотренированного человека и ниже пороговой, и поэтому неэффективной, для высокотренированного спортсмена.

Тренировочные нагрузки разделяют на:

подпороговые,  
пороговые,  
оптимальные и  
сверхпредельные.

**Подпороговые нагрузки** не обеспечивают тренировочный эффект, но они не безразличны для организма, вызывая изменения локального характера.

**Оптимальные нагрузки** вызывают наибольший тренировочный эффект, о котором судят по темпу прироста тренируемых функций организма.

Если при дальнейшем увеличении нагрузки темп прироста снижается, то это уже **сверхпредельные нагрузки**, когда возможны перенапряжение и срыв адаптации.

Нагрузки, используемые в спорте, классифицируются следующим образом:

- 1) по специфичности (для избранного вида спорта);
- 2) по избирательной (энергетической) направленности, обеспечивающей использование различных механизмов энергообеспечения мышечной деятельности;
- 3) по координационной сложности упражнений, которая играет существенную роль в технически сложных видах спорта (акробатика, гимнастика, фигурное катание и др.);
- 4) по величине или объёму, который определяется с помощью основных параметров: интенсивность, длительность и частота.

Каждый из этих параметров играет самостоятельную роль, но их взаимовлияние ещё полностью не изучено. Относительное значение параметров пороговых тренировочных нагрузок зависит также от вида

тренировки (силовой, скоростно-силовой, на выносливость, технической или игровой) и от характера тренировки (повторно-интервальной или непрерывно циклической).

**Интенсивность нагрузки** при тренировке выносливости определяется прямым методом (измерение скорости потребления кислорода – абсолютное или относительное МПК) или косвенным: по величине относительных физиологических сдвигов ЧСС (для лиц, начинающих заниматься бегом, ЧСС равна 180 минус возраст в годах) и по величине ПАНО, так как выполнение работ на этом уровне способствует развитию аэробной работоспособности (рис. 9). Для развития анаэробных возможностей необходима нагрузка выше ПАНО.

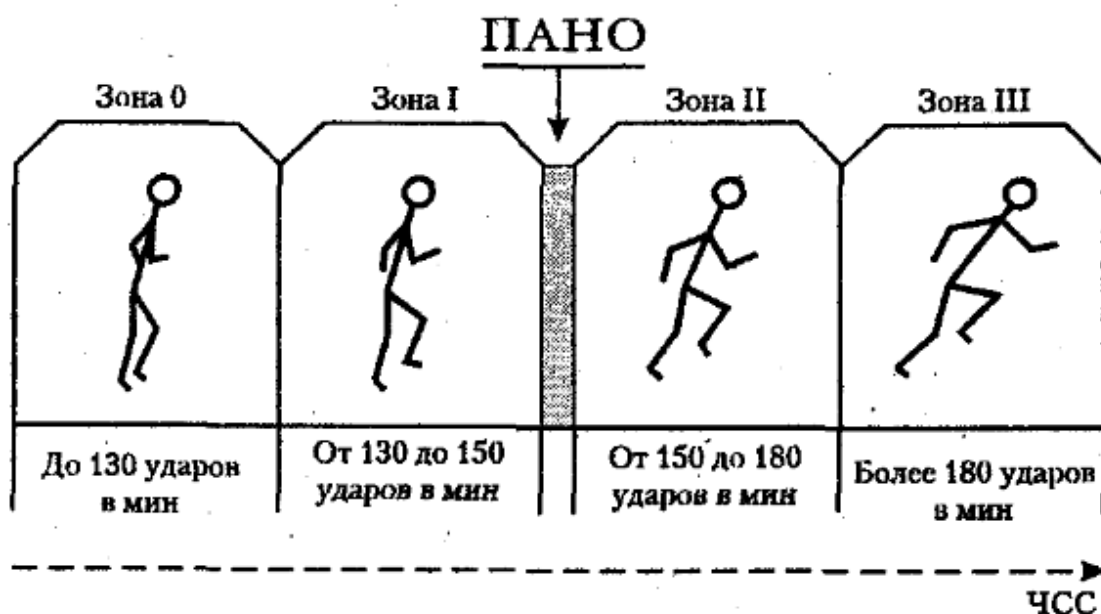


Рис 9. Примерные зоны интенсивности нагрузок по ЧСС

Для определения интенсивности в спортивной и физкультурной деятельности в настоящее время используют мониторы сердечного ритма, которые дают возможность надежного и удобного беспроводного измерения сердечного ритма. Данные устройства измеряют пульс с точностью электрокардиограммы. Монитор позволяет, не нарушая общего ритма выполняемого упражнения, наблюдать его интенсивность во время любых занятий: плавания, катания на лыжах, беге, ходьбе, играх и т. д.

Пороговая длительность нагрузки зависит от её интенсивности. Длительность нагрузки при развитии силы незначительна, но при этом используется максимальная интенсивность. При более низкой интенсивности нагрузка должна быть более продолжительной, так как существует определённая пороговая продолжительность, необходимая для активизации эндокринных систем организма.

**Частота тренировочных нагрузок** (число повторений упражнений на одном занятии) взаимосвязана с длительностью и характером отдыха. Для развития у спортсменов высокого класса выносливости частота нагрузок

может составлять 4–6 раз в неделю, а для развития силы мышц – 3–4 раза в неделю, но при очень напряжённых занятиях пороговая частота нагрузок меньше.

Продолжительность интервалов отдыха влияет на величину и направленность эффекта упражнений: продолжительный интервал отдыха после работы с субмаксимальной и критической скоростью (интенсивные нагрузки) усиливает анаэробные процессы из-за достаточно полного восстановления функций.

Пассивный отдых усиливает преимущественно анаэробные процессы, а выполнение во время отдыха между повторными упражнениями других упражнений (например, бег трусцой) способствует развитию аэробных возможностей (аналогично действуют упражнения переменной мощности). Следовательно, при многократном повторении непродолжительных упражнений с высокой интенсивностью лучше развиваются анаэробные процессы.

#### **7.4. Физиологическое обоснование основных принципов спортивной тренировки. Периодизация спортивной тренировки**

Спортивная тренировка строится с учётом ряда принципов:  
специфичности,  
постоянного увеличения нагрузок,  
повторности и систематичности,  
индивидуализации,  
цикличности.

**Принцип специфичности тренировки** базируется на специфичности адаптации, так как систематическое использование специфических тренировочных нагрузок пороговой величины вызывает изменения в тех физиологических системах организма и механизмах регуляции, которые участвуют в осуществлении тренируемого упражнения. На начальных этапах спортивной тренировки используются общеразвивающие упражнения, то есть разнообразные упражнения, вызывающие сходные тренировочные эффекты. На уровне высокого спортивного мастерства применяются упражнения, являющиеся основными для данного вида спорта, то есть соревновательные.

**Принцип постепенного увеличения** нагрузок основан на том, что по мере повышения функциональных возможностей тренирующегося человека может постепенно увеличиваться пороговая тренирующая нагрузка, что создает стимул для активации процессов суперкомпенсации. Однако тренировочная нагрузка должна оставаться оптимальной по величине, так как сверхпредельные нагрузки снижают скорость восстановительных процессов, а фаза суперкомпенсации будет достигнута в более поздние сроки и выражена в меньшей степени, а может и вообще заметно не проявляться.

**Принцип повторности и систематичности тренировок** базируется

на обратимости тренировочных эффектов, связанной с тем, что адаптация является непрерывно протекающим процессом приспособления к изменившимся условиям существования организма. Снижение нагрузок ниже пороговых или прекращение тренировок вызывает уменьшение имеющихся тренировочных эффектов или их полное исчезновение.

**Принцип индивидуального подхода**, с одной стороны, в значительной степени опирается на положение о пороге тренировочной нагрузки, а с другой – на тренируемость. Она характеризует восприимчивость человека к физической тренировке, его способность повышать свои специфические функциональные возможности под влиянием специфической физической тренировки. Степень тренируемости можно оценивать величиной тренировочных эффектов.

Тренируемость передаётся по наследству и поэтому:

- 1) выражена неодинаково у различных лиц;
- 2) варьируется в отношении её различных проявлений;
- 3) различные проявления тренируемости реализуются в разные возрастные периоды;
- 4) степень тренируемости тем выше, чем ниже уровень тренированности человека в определённом аспекте умственной или физической деятельности;
- 5) определённое значение имеют половые различия;
- 6) генетически обусловлены в той или иной степени функции внешнего дыхания, некоторые показатели работы сердечно-сосудистой системы, композиция мышц, мышечная сила, МПК и предел роста тренировочных эффектов. Выражение «великим стайером или спринтером рождаются» означает, что некоторые люди могут стать выдающимися спортсменами, имея определённые генетические предпосылки, но только в результате специфической тренировки.

**Принцип цикличности.** Многолетнюю подготовку спортсменов следует рассматривать как процесс долговременной адаптации к физическим нагрузкам, которая развивается на основе многократной реализации срочной адаптации.

### **Периодизация спортивной тренировки**

Периодизация спортивной тренировки в основном определяется временем, необходимым для достижения состояния высокой степени тренированности. Отдельный этап многолетней спортивной тренировки обычно включают три периода: подготовительный, соревновательный и переходный (рис. 10).

**Подготовительный период** состоит из двух этапов.

Первый (общеподготовительный) этап имеет целью развитие необходимых физических качеств, а также восстановление ранее приобретённых и формирование новых двигательных навыков. Большое значение имеет общая физическая подготовка.



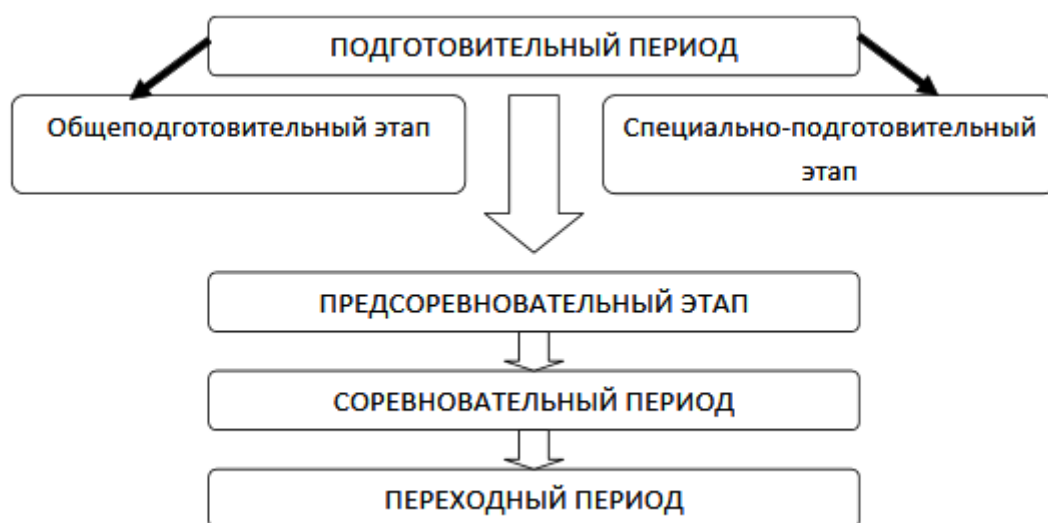


Рис 10. Периоды годичного цикла спортивной тренировки

Цель второго этапа – специальная подготовка, которая заключается в дальнейшем совершенствовании физических качеств и двигательных навыков, необходимых для достижения высоких спортивных результатов. Во многих видах спорта это – решающий период, так как повышается удельный вес специальной физической подготовки, то есть используются упражнения, типичные для данного вида спорта. Очень важным является создание условий, близких к соревновательным.

Объём физических нагрузок постепенно нарастает и применяются максимальные нагрузки. Прирост отдельных показателей происходит неравномерно; на начальном этапе периода быстрее, на завершающем – медленнее. Этот период длится 3–4 месяца и заканчивается к началу соревнований.

**Соревновательный период** состоит из нескольких этапов, определяемых графиком соревнований. Его длительность – несколько месяцев. В интервалах между соревнованиями необходимы тренировки, при коротких интервалах нагрузки небольшие, при длительных они увеличиваются. Большой удельный вес в структуре упражнений занимают специальные, а общефизические упражнения могут использоваться в целях активного отдыха и совершенствования взаимосвязи между различными физическими качествами. Кроме этого, в скоростно-силовых видах спорта предлагается последовательное разведение во времени различных сторон подготовки (технической, силовой, скоростной и т. д.), а также смена ранее используемых комплексов упражнений с применением несколько большего объёма тренировочных нагрузок.

**В переходном периоде** происходит уменьшение объёма тренировочных нагрузок и меняется их характер. Главная цель тренировок – обеспечить восстановление. Длительность этого периода – 1–1,5 месяца.

## **8. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ В СПОРТЕ**

Для тестирования функциональной подготовленности спортсменов исходят из модели чемпиона, в которой представлены характеристики сильнейших спортсменов в ответственных соревнованиях. Из этой модели выводятся спортивно-важные качества или модель мастерства, включающая характеристики специальной физической, технической и тактической подготовки спортсменов, находящихся в спортивной форме.

Отсюда определяют наиболее информативные показатели функциональной подготовленности или шире — модель спортивных возможностей, в которую входят функциональная и психологическая подготовленность, морфологические особенности, возраст и спортивный стаж. Подобный подход позволяет определить целевые задачи подготовки спортсмена и его собственные спортивные перспективы.

Для оценки индивидуальных особенностей адаптации организма к работе необходимо комплексное тестирование, позволяющее получить сведения о различных морфофункциональных и психофизиологических показателях конкретного человека.

В тренировочном процессе используют различные виды контроля, в ходе которых исследуют состояние различных органов и систем организма спортсмена.

- Оперативный или текущий контроль, отражающий ежедневные реакции организма спортсмена на выполняемые физические нагрузки по наиболее вариативным показателям (ЧСС, тест Самочувствие-Активность-Настроение (САН), способность решения тактических задач, состояние внимания и пр.).

- Этапный контроль, проводимый 5-6 раз в году с использованием менее динамичных показателей (МПК, максимальная анаэробная мощность, индекс Гарвардского степ-теста, оценка временных интервалов и пр.).

- Углубленное медицинское обследование (1 раз в году) с анализом достаточно консервативных показателей (тестирование личностных характеристик, психофизиологических показателей, индивидуально-типологических особенностей высшей нервной деятельности) и ряда сложных медицинских параметров.

### **8.1. Показатели функциональной подготовленности в покое**

В центральной нервной системе спортсмена отмечается высокий уровень лабильности нервных центров, оптимальная возбудимость и хорошая подвижность нервных процессов (возбуждения и торможения).

Двигательный аппарат квалифицированных спортсменов отличается большей толщиной и прочностью костей, выраженной рабочей гипертрофией мышц, их повышенной лабильностью и возбудимостью, большей скоростью проведения возбуждения по двигательным нервам, запасами мышечного гликогена и миоглобина, высокой активностью ферментов.

Об улучшении иннервации мышц свидетельствуют факты утолщения нервно-мышечных синапсов и увеличение их числа. Спортсмены имеют высокие показатели произвольного напряжения мышц и в то же время отличного их расслабления, т. е. большую величину амплитуды твердости мышц.

Обмен веществ спортсменов характеризуется увеличением запасов белков и углеводов, снижением уровня основного обмена (лишь в соревновательном периоде основной обмен может быть повышен из-за недостаточного восстановления).

Дыхание спортсменов более эффективно, так как увеличена ЖЕЛ (до 6-8 л), т. е. расширена дыхательная поверхность; больше глубина вдоха, что улучшает вентиляцию легких и снижает частоту дыхания (до 6-12 вдохов в 1 мин).

Лучше развиты и более выносливы дыхательные мышцы (это можно наблюдать, например, по способности сохранять высокие значения ЖЕЛ при повторных ее определениях).

Величина минутного объема дыхания в покое не изменена (из-за противоположных сдвигов частоты и глубины дыхания), но максимальная легочная вентиляция значительно выше у тренированных лиц (порядка 150-200 л/мин) по сравнению с нетренированными (60-120 л/мин).

Увеличена длительность задержки дыхания (особенно в синхронном плавании, нырянии), что свидетельствует о хороших анаэробных возможностях и пониженной возбудимости дыхательного центра.

В сердечно-сосудистой системе спортсменов также выявлены адаптивные изменения. Тренированное сердце имеет большой объем и толщину сердечной мышцы. При тренировке на выносливость (у бегунов-стайеров, лыжников-гонщиков и др.) наблюдается особенное увеличение объема сердца — до 1000-1200 см<sup>3</sup> (у нетренированных лиц — порядка 700 см<sup>3</sup>). Большой объем сердца — до 1200 см<sup>3</sup> — характерен также для высокорослых баскетболистов. Однако более этой величины нарастание объема неблагоприятно, так как ухудшаются возможности кровоснабжения самой сердечной мышцы.

При адаптации к скоростно-силовым упражнениям происходит преимущественно утолщение сердечной мышцы — ее рабочая гипертрофия, а объем в меньшей степени превышает норму (800-1000 см<sup>3</sup>). Рабочая гипертрофия сердечной мышцы повышает мощность работы сердца и обеспечивает кровоток в скелетных мышцах при их напряжении в условиях силовых и скоростно-силовых нагрузок.

Повышение общего объема сердца сопровождается увеличением резервного объема крови и, хотя ударный объем крови в покое практически не нарастает, но при работе его значительный рост обеспечивается за счет резервного объема. Частота сердечных сокращений спортсменов (особенно у стайеров) в покое понижена до 40-50 уд/мин, т. е. отмечается спортивная брадикардия. Минутный объем крови соответствует норме или немного ниже нее.

У спортсменов в состоянии спортивной формы, в среднем, в 30% случаев наблюдается спортивная гипотония — снижение величины систолического артериального давления до 100-105 мм рт. ст. и ниже. Чаще всего это встречается у гимнастов и спортсменов-стайеров. Выраженность артериальной гипотонии растет по мере увеличения спортивного стажа и уровня квалификации спортсменов. У спортсменов, специализирующихся в спортивных играх, наоборот, в состоянии покоя артериальное давление часто может быть повышенным.

В системе крови у спортсменов больше концентрация эритроцитов —  $6 \cdot 10^{12}$ /л и гемоглобина — 160 г/л и более. Это обеспечивает большую кислородную емкость крови (до 20-22 об. %). Общее количество гемоглобина в организме у тренированного спортсмена (800-1000 г) превышает его запасы у нетренированных лиц (700 г). Повышены щелочные резервы, т. е. легче противостоять окислению крови. Больше объем циркулирующей крови.

Все перечисленные перестройки функциональных показателей свидетельствуют об общей адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам, и в частности, к особенной функциональной подготовленности к упражнениям в избранном виде спорта.

## **8.2. Тестирование функциональной подготовленности спортсменов при стандартных и предельных нагрузках**

О функциональной подготовленности спортсменов судят как по показателям в состоянии покоя, так и по изменениям различных функций организма при работе. Для тестирования используют стандартные и предельные нагрузки, причем стандартные нагрузки подбирают такие, которые доступны всем обследуемым лицам независимо от возраста и уровня тренированности. Предельные же нагрузки должны соответствовать индивидуальным возможностям человека.

Изменения физиологических показателей у тренированных и нетренированных лиц при стандартных и предельных нагрузках имеют принципиальные различия.

В случае **стандартных нагрузок** регламентируется мощность и длительность работы. Задается частота педалирования на велоэргометре и величина преодолеваемого сопротивления, высота ступенек и темп восхождения при степ-тестах, длительность работы и интервалы между пробами и т. п., т. е. всем обследуемым предлагается одинаковая работа.

При их применении у тренированных лиц по сравнению с нетренированными имеются следующие особенности протекания физиологических реакций:

- 1) все функции в начале работы повышаются быстрее (более быстрая мобилизация функций);
- 2) в процессе работы уровень физиологических процессов менее высок (экономизация деятельности висцеральных систем);
- 3) восстановление заканчивается относительно быстрее.

В этой ситуации лучше подготовленный человек, работая более

экономно за счет совершенной координации движений, имеет небольшие энерготраты и показывает меньшие сдвиги в состоянии двигательного аппарата и вегетативных функций.

При выполнении **предельных максимальных нагрузок** высокие спортивные результаты у высокотренированного человека обеспечиваются:

1) способностью органов и систем организма функционировать на более высоком уровне, и при этом отмечаются полная и быстрая мобилизация, адекватность повышения и экономизация функций. например, МПК достигает 5–6 л кислорода в минуту, минутный объем кровотока – 30–36 л, систолический объем – 170–200 мл, легочная вентиляция – 120–140 л и более, то есть имеются максимальные функциональные сдвиги;

2) способностью продолжать работу при более глубоких изменениях внутренней среды (уровень глюкозы крови достигает 50 мг%, а молочной кислоты – 200 мг% и более);

3) способностью в совершенстве управлять движениями и повышать их технику.

### **Тестирование функциональной подготовленности при стандартной работе**

Стандартные нагрузки, используемые для тестирования функциональной подготовленности спортсменов, могут быть общие, неспециализированные (различные функциональные пробы, велоэргометрические тесты, степ-тесты) и специализированные, адекватные упражнениям в избранном виде спорта (проплавание или пробегание определенных отрезков с заданной скоростью или заданным временем, поддержание заданного статического усилия в течение необходимого времени и т. п.).

При стандартной работе тренированный организм отличаются от нетренированного следующие особенности:

- более быстрое вбрасывание,
- меньший уровень рабочих сдвигов различных функций,
- лучше выраженное устойчивое состояние,
- более быстрое восстановление после нагрузки.

У тренированного спортсмена при динамической работе повышение минутного объема дыхания достигается преимущественно за счет увеличения глубины дыхания, а рост минутного объема крови — за счет нарастания ударного объема, а у нетренированного человека — за счет частотных показателей (повышения частоты дыхания и сердцебиений).

У адаптированного к выполнению статической работы спортсмена меньше выражен феномен статических усилий — меньше подавление функций дыхания и кровообращения во время нагрузки и меньше послерабочее их нарастание, чем у других лиц.

Наиболее распространенными стандартными тестами являются тест определения физической работоспособности по показателю  $PWC_{170}$  — мощности работы при ЧСС = 170 уд/мин и определение Индекса

Гарвардского степ-теста (ИГСТ), который оценивается по скорости восстановления ЧСС после нагрузки.

Величина показателя  $PWC_{170}$  у лиц, не занимающихся спортом, в среднем составляет 1060, у спортсменов скоростно-силовых видов спорта — 1255, а у спортсменов, работающих на выносливость — 1500 кгм/мин и более.

При выполнении стандартных нагрузок работоспособность спортсменов оценивается прямыми показателями — по величине и мощности выполненной работы и косвенными показателями — по величине функциональных сдвигов в организме. У тренированных спортсменов, обладающих более широким диапазоном функциональных резервов, отмечается значительное увеличение функциональных показателей, которое не может быть достигнуто нетренированными лицами.

Деятельность центральной нервной системы тренированных спортсменов характеризуется высокой скоростью восприятия и переработки информации, хорошей помехоустойчивостью, большей способностью к мобилизации функциональных резервов организма. У них велика возможность произвольного преодоления утомления, противостояния эмоциональным стрессам. Этому способствуют, с одной стороны, сформированные в мозгу мощные рабочие доминанты, а с другой — большое количество нейропептидов и гормонов (например, суточный выброс адреналина в соревновательном периоде у тренированных спортсменов может в 150 раз превышать показатели людей, не занимающихся спортом).

Энерготраты очень высоки: единичные — при работе максимальной мощности до 4 ккал/с и суммарные при работе умеренной мощности — до 2-3 тыс. ккал и более.

Величины МПК, характеризующие аэробные возможности, достигают у выдающихся спортсменов (лыжников, пловцов, гребцов и др.) 6 и даже 7 л/мин для абсолютного МПК и 85-90 мл/кг•мин для относительного МПК. Такие величины МПК позволяют спортсмену развивать значительную мощность передвижений и показывать высокие спортивные результаты. Огромны и величины суммарного потребления кислорода на всю дистанцию. Важным показателем тренированности является способность спортсменов-стайеров продолжать работу при резком снижении содержания глюкозы в крови.

Высококвалифицированные спортсмены, работающие в зоне субмаксимальной мощности, отличаются очень высокими показателями анаэробных возможностей. Величины их кислородного долга достигают 20-22 л, что отражает переносимость высоких концентраций лактата в крови и глубоких сдвигов рН крови — до 7,0 и даже 6,9. Такие изменения характерны для работы с высоким кислородным запросом, который не удовлетворяется во время работы, несмотря на предельные изменения функций вегетативных систем. Величины минутного объема дыхания при этом порядка 180 л/мин, а минутного объема крови — 40 л/мин. Систолический объем крови достигает 200 мл.

## 9. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ

1. Условно-рефлекторные механизмы образования двигательных навыков
2. Фазы формирования двигательного навыка, автоматизация движений спортсмена.
3. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков по мере роста спортивного мастерства.

В процессе жизнедеятельности человека формируются различные двигательные умения и навыки, составляющие основу его поведения.

### 9.1. Условно-рефлекторные механизмы образования двигательных навыков

У человека различают произвольные и произвольные движения. **Непроизвольные движения** являются врождёнными, выполняются они бессознательно, в их основе лежат безусловные двигательные рефлексы. К ним относятся сосание, глотание, мигание, сгибание и разгибание конечностей в ответ на действие раздражителей.

**Произвольные движения** – это целенаправленные движения, осуществляемые под контролем сознания и воли. Они приобретаются при специальном обучении на протяжении индивидуальной жизни, в их основе лежат условные рефлексы.

Их выполнение происходит вначале с обязательным участием сознания, а в дальнейшем при снижении его контроля. Высшими центрами для этих движений служат интегративные области коры больших полушарий (третичные поля, расположенные в лобных долях). Произвольные движения формируются на основе непроизвольных, поэтому двигательная активность взрослого человека – сплав врождённых и приобретённых движений.

Освоение и совершенствование спортивных движений связано с формированием двигательных навыков.

### Двигательные умения и навыки

**Двигательные умения** — способность на моторном уровне справляться с новыми задачами поведения.

**Двигательное умение** - это такая степень владения техникой двигательного действия, которая характеризуется сознательным управлением движением, неустойчивостью и нестабильностью выполнения.

Спортсмену необходимо умение мгновенно оценивать возникшую ситуацию, быстро и эффективно перерабатывать поступающую информацию, выбирать в условиях дефицита времени адекватную реакцию и формировать наиболее результативные действия.

Эти способности в наибольшей мере проявляются в спортивных играх

и единоборствах, которые относят к ситуационным видам спорта. В тех же случаях, когда отрабатываются одни и те же движения, которые в неизменном порядке повторяются на тренировках и во время соревнований (особенно в стандартных или стереотипных видах спорта), умения спортсменов закрепляются в виде специальных навыков.

**Двигательные навыки** — это освоенные и упроченные действия, которые могут осуществляться безучастия сознания (автоматически) и обеспечивают оптимальное решение двигательной задачи.

К простейшим двигательным навыкам относятся умение передвигаться шагом, бегать, плавать, бросать и ловить, но вначале формируются вертикальная поза и сохранение равновесия.

Возможность формирования двигательных навыков связана с важным свойством нервной системы — пластичностью, обеспечивающей высокую степень тренируемости, то есть способности в процессе обучения овладевать новыми, сложными по координации формами двигательных актов, адекватных изменившимся условиям жизнедеятельности.

Тренируемость передаётся по наследству, но имеются индивидуальные различия в степени её проявления в разных видах умственной и мышечной деятельности и в различные возрастные периоды.

Основу технического мастерства спортсменов составляют двигательные умения и навыки, формирующиеся в процессе тренировки и существенно влияющие на спортивный результат. Считают, что эффективность спортивной техники за счет навыка повышается в циклических видах спорта на 10-25%, а в ациклических — еще более.

### **Основные методы исследования**

Основные методы исследования двигательных навыков можно разделить на 2 группы:

1) описывающие внешнюю структуру движений (методы кино-, фото-, видео-, телесъемки движений, тензометрия, динамометрия, гониометрия, циклография и пр.)

2) внутреннюю их структуру (электрофизиологические методы: электроэнцефалография, электромиография, запись Н — рефлексов и активности двигательных единиц).

Комплексная оценка целостной структуры навыков осуществляется при одновременной регистрации биомеханических и физиологических показателей.

## **9.2. Функциональная система, доминанта, двигательный динамический стереотип**

Любые навыки — бытовые, профессиональные, спортивные — не являются врожденными движениями. Они приобретены в ходе индивидуального развития. Возникая в результате подражания, условных рефлексов или по речевой инструкции, двигательные акты осуществляются



специальной функциональной системой нервных центров.

Деятельность этой системы включает следующие процессы: синтез афферентных раздражений (информации из внешней и внутренней среды), учет доминирующей мотивации (предпочтение действий), использование памятных следов (арсенала движений и изученных тактических комбинаций); формирование моторной программы и образа результата действий; внесение сенсорных коррекций в программу, если результат не достигнут.

В основе лежит ряд процессов (рис. 11):

1 стадия – афферентный синтез включает 4 компонента: доминирующую мотивацию, обстановочную афферентацию, пусковую афферентацию и информацию, извлекаемую из памяти (обработка всей информации). В спортивной деятельности афферентный синтез усложнен большим потоком раздражителей.

2 стадия – принятие решения – формирование конкретной конечной цели.

3 стадия – формирование акцептора результата действия. Прогнозирование результата. Программирование усложнено из-за новизны движения и необходимости совершать его как можно быстрее.

4 стадия – эфферентный синтез – формирование центральных механизмов, обеспечивающих результат.

5 стадия – получение полезного результата системы.

6 стадия – обратной афферентации – оценка полученного результата с тем, который был запрограммирован.

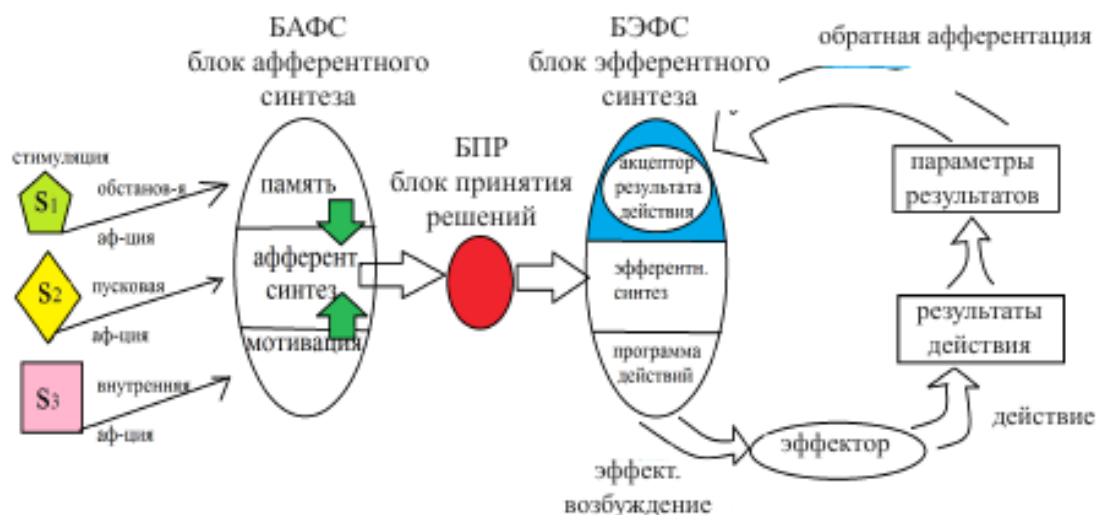


Рис. 11. Функциональная система

Комплекс нейронов, обеспечивающих эти процессы, располагается на различных этажах нервной системы, становясь доминантой, т. е. господствующим очагом в центральной нервной системе. Он подавляет деятельность посторонних нервных центров и, соответственно, лишние

скелетных мышц. В результате движения выполняются все более экономно, при включении лишь самых необходимых мышечных групп и лишь в те моменты, которые нужны для его осуществления. Происходит экономизация энерготрат.

Порядок возбуждения в доминирующих нервных центрах закрепляется в виде определенной системы условных и безусловных рефлексов и сопровождающих их вегетативных реакций, образуя двигательный динамический стереотип. Каждый предшествующий двигательный акт в этой системе запускает следующий. Это облегчает выполнение целостного упражнения и освобождает сознание человека от мелочного контроля за каждым его элементом.

Роль условно-рефлекторного механизма образования двигательных навыков доказывается, в частности, тем, что выработанные навыки во многом угасают при перерывах в тренировке (при отсутствии подкрепления). Однако двигательные навыки отличаются от классических слюнных условных рефлексов, описанных И. П. Павловым (сенсорных или рефлексов 1 рода). Навыки, в основном, представляют условные рефлексы 2 рода — оперантные или инструментальные условные рефлекс. В них новым отделом рефлекторной дуги является ее эффекторная часть, т. е. создается новая форма движения или новая комбинация из ранее освоенных действий. Построение новой формы движений на основе имеющихся элементов Н. В. Зимкин (1975) отнес к явлениям экстраполяции (использования предшествующего опыта).

Формирование новых двигательных навыков происходит на базе ранее приобретённых организмом координаций. Чем больше у человека запас выработанных ранее движений, тем легче и быстрее он способен разучить новые. Использование подготовительных упражнений и обучение по элементам способствуют усвоению сложной техники движений. Успешнее всего новые формы движений осваивают спортсмены, владеющие большим комплексом уже закрепленных сложных двигательных актов (гимнасты, акробаты, фигуристы).

### **9.3. Стабильность и вариативность компонентов двигательного навыка**

Двигательный навык представляет собой цепочку движений, то есть отдельные компоненты движений и сами движения выстраиваются в систему последовательных актов в виде *двигательного динамического стереотипа* (И. П. Павлов, А. Л. Крестовников), который в спортивных движениях относится только к последовательности осуществления их отдельных фаз. То есть имеется *внешняя стереотипность (стандартность)* двигательного навыка. Временные отношения между фазами движений могут постоянно варьировать.

Внутренняя структура движения (состав сокращающихся мышц и количество активных двигательных единиц) может непрерывно меняться, следовательно, имеется внутренняя *вариативность двигательного навыка*. Создание двигательного динамического стереотипа обеспечивает высокую

эффективность двигательного навыка (точность и быстрота выполнения движения, энергетическая экономичность).

Наличие вариаций позволяет отбирать оптимальные и отбрасывать неадекватные моторные программы, учитывать не только внешние изменения ситуации, но и сократительные возможности мышц.

Вариативность особенно выражена в периоды вработывания, перед отказом от работы и в восстановительном периоде.

Сохранение основных черт двигательного навыка в условиях изменяющейся внешней среды и перестроек внутренней среды организма возможно лишь при варьировании «гибких» связей в системе управления движениями.

Так, хорошо освоенный навык ходьбы осуществляется при разном наклоне туловища, переменных усилиях ног, неодинаковом составе скелетных мышц и нервных центров, различных вегетативных реакциях в зависимости от рельефа дороги, качества грунта, силы встречного ветра, степени отягощения, утомления человека и прочих причин. «Гибкие» элементы функциональной системы составляют основную ее часть, так как в любых условиях они обеспечивают выполнение навыка, достижение требуемого результата.

Навыки циклических движений более стабильны по сравнению с ациклическими, так как в их основе лежат повторения одинаковых циклов.

Циклические движения превращаются в навык при переходе от отдельных двигательных актов к последовательной их цепи — от отдельных шагов к ходьбе и бегу, от начертания отдельных букв к письму и т. п. При этом к процессам коркового управления движениями подключаются древние автоматизмы, так называемые циклоидные движения, осуществляемые подкорковыми ядрами головного мозга.

Навыки в ситуационных видах спорта (спортивных играх, единоборствах) отличаются наибольшей вариативностью. Стереотипы в этих видах спорта формируются лишь при овладении отдельными элементами техники (например, в штрафных бросках). Автоматизация этих навыков позволяет быстрее включать их в новые движения. В стандартных видах спорта навыки более стереотипны. Их стабильность повышается по мере роста спортивного мастерства. Но и здесь необходимо сохранение определенного уровня вариативности навыков для их адаптации к разным условиям выполнения.

В осуществлении новых двигательных актов важное значение имеет **экстраполяция** – способность центральной нервной системы к адекватному решению вновь возникающих двигательных задач на основании имеющегося опыта. Это обеспечивает так называемый перенос навыков и возможность с места (без предварительной подготовки) осуществлять новые координированные двигательные действия. Увеличение запаса освоенных движений содействует значительному повышению возможностей человека без специального обучения правильно решать новые двигательные задачи, близкие к ранее решенным.

Двигательная память играет большую роль в процессе формирования двигательного навыка. Её физиологической основой являются следы (энграммы), оставленные в ЦНС нервными процессами, связанными с поступлением афферентных импульсов и с посылкой через эфферентные нервы импульсов к исполнительным органам. Эффективность запоминания и точность воспроизведения различных параметров физических упражнений зависит от сложности двигательного акта, характера совершаемой работы (статические усилия или циклические упражнения), степени обученности спортсмена, длительности тренировочных занятий, интервалов между ними, эмоционального состояния спортсмена и ряда других факторов.

#### **9.4. Физиологические закономерности и стадии формирования двигательных навыков**

##### ***Замысел и общий план действия***

На первом этапе формирования двигательного навыка возникает замысел действия, осуществляемый ассоциативными зонами коры больших полушарий (переднелобными и нижнетеменными). Они формируют общий план осуществления движения. Вначале это лишь общее представление о двигательной задаче, которое возникает либо при показе движения другим лицом (педагогом, тренером или опытным спортсменом), либо после словесной инструкции, самоинструкции, речевого описания. В сознании человека создается определенный эталон требуемого действия. Эту функцию П. К. Анохин назвал «опережающее отражение действительности». Формирование такой наглядно-образной модели складывается из образа ситуации в целом (задаваемые пространственные и временные характеристики двигательной задачи) и образа тех мышечных действий, которые необходимы для достижения цели. Имея представление о требуемой модели движения, человек может осуществить ее разными мышечными группами. Так, например, подпись человека имеет характерные черты, независимо от мышечных групп, выполняющих ее (пальцы, кисть, предплечье, нога).

Особое значение имеют в этом процессе восприятие и переработка зрительной информации (при показе) и слуховой (при рассказе). Опытные спортсмены быстрее формируют зрительный образ движения, так как у них лучше выражена поисковая функция глаза, и они способны эффективно выделять наиболее важные элементы. У них богаче кладовая «моторной памяти» — хранящиеся в ней образы освоенных движений, быстрее происходит извлечение нужных моторных следов.

При этом очень быстро наступает утомление. Некоторые особенности программирования отражаются в межцентральных взаимосвязях электрической активности мозга. При наблюдении за выполнением бега посторонним лицом в коре больших полушарий у человека появляются потенциалы в темпе этого бега (своеобразная модель наблюдаемого движения). Подобные изменения ритмов мозга и специфические перестройки

пространственной синхронизации корковых потенциалов наблюдаются также при представлении и при мысленном выполнении движений. При этом пространственные взаимосвязи мозговой активности начинают отличаться от состояния покоя и приближаться к таковым при реальном выполнении работы.

### ***Стадии формирования двигательных навыков***

На втором этапе обучения начинается непосредственное выполнение разучиваемого упражнения.

При этом отмечают 3 стадии формирования двигательного навыка:

- 1) стадия генерализации (иррадиации возбуждения),
- 2) стадия концентрации,
- 3) стадия стабилизации и автоматизации.

***В первой фазе (фазе генерализации)*** происходит объединение отдельных элементов движений в целостное действие на основе иррадиации возбуждения в моторной зоне коры головного мозга с генерализацией ответных двигательных реакций, вовлечением в работу «лишних» мышц и чрезмерным напряжением некоторых мышц. От спортсмена требуется сосредоточенность внимания на выполняемом движении, так как под контролем сознания должны находиться все компоненты движения.

***Во второй (фазе концентрации)*** благодаря постепенной концентрации возбуждения и развитию дифференцировочного и запаздывающего торможения происходит улучшение координации движений, усиление стереотипности двигательных актов, устранение излишнего мышечного напряжения.

***В третьей (фазе стабилизации)*** навык закрепляется, стабилизируется, достигается высокая степень координации и стереотипности движений.

Появляется стабильность и надежность навыка, снижается сознательный контроль за его элементами, т. е. возникает ***автоматизация навыка***.

Под ***автоматизацией действий*** спортсмена понимается их выполнение без текущего контроля сознания, что основано, прежде всего, на формировании двигательного динамического стереотипа. Изменение регуляции движений при автоматизации снижает уровень рабочего напряжения организма, отдаляет наступление утомления и обеспечивает совершенство техники спортивных движений. Спортсмен может сосредоточить внимание только на важнейших моментах движения или направить всё внимание на решение тактических задач.

О физиологических механизмах автоматизации сделаны различные предположения: 1) переход регуляции действий из коры больших полушарий в подкорковые центры; 2) выполнение движений в условиях пониженной возбудимости нервных центров, отвечающих за выполнение движения, то есть формирование «тормозного» барьера, изолирующего систему регуляции

действий от остального регуляторного аппарата. Первая гипотеза может быть признана несостоятельной. Для подтверждения второй гипотезы экспериментальных данных недостаточно.

В процессе тренировки происходит постоянное сличение созданной модели навыка и реальных результатов его выполнения. По мере роста спортивного мастерства совершенствуется сама модель требуемого действия, уточняются моторные команды, а также улучшается анализ сенсорной информации о движении.

### ***Обратные связи***

Особое значение в отработке моторных программ имеют обратные связи. Информация, поступающая в нервные центры по ходу движения, служит для сравнения полученного результата с имеющимся эталоном. При их несовпадении в мозговых аппаратах сравнения возникают импульсы рассогласования и в программу вносятся поправки — сенсорные коррекции.

При кратковременных движениях (прыжках, бросках, метаниях, ударах) рабочие фазы настолько малы (сотые и тысячные доли секунды), что сенсорные коррекции по ходу движения вносить невозможно. В этих случаях вся программа действия должна быть готова до начала двигательного акта, а поправки могут вноситься лишь при его повторениях.

В системе обратных связей различают «внутренний контур» регуляции движений, передающий информацию от двигательного аппарата и внутренних органов (в первую очередь — от рецепторов мышц, сухожилий и суставных сумок), и «внешний контур», несущий сигналы от экстерорецепторов (главным образом, зрительных и слуховых).

При первых попытках выполнения движений основную роль в системе обратных связей играют сигналы «внешнего контура» — зрительный и слуховой контроль. Поэтому на начальных этапах освоения двигательных навыков так важно использовать зрительные ориентиры и звуковые сигналы для облегчения процесса обучения.

По мере освоения навыка «внутренний контур» регуляции движений приобретает все большее значение, обеспечивая автоматизацию навыка, а роль «внешнего контура» снижается.

### ***Влияние дополнительной информации на двигательный навык***

Процесс обучения навыку ускоряется при разного рода дополнительной информации об успешности выполнения упражнения — указания тренера, компьютерный анализ движения в трехмерном пространстве, просмотр кинокадров, видеофильмов, записей ЭМГ и др.

Особенно ценной для обучаемого является срочная информация, поступающая непосредственно в периоде выполнения упражнения или при повторных попытках. С помощью дополнительной срочной информации можно сообщать спортсмену такие параметры движений, которые им не осознаются и, следовательно, не могут произвольно контролироваться. Например, можно снижать колебания общего центра масс при выполнении

сложных равновесий, визуально наблюдая их на экране монитора; контролировать по звуколидеру точность поддержания темпа и степень повышения скорости движения; по изменению мелодии песни замечать ошибки в порядке сокращения мышц и т. п. Тем самым повышается возможность совершенствования спортивной техники.

Для усиления мышечных ощущений при освоении сложных упражнений используют различные тренажеры. Особенное влияние на сознательное построение моторных программ имеют тренажеры, управляющие суставными углами, так как импульсы от рецепторов суставных сумок поступают непосредственно в кору больших полушарий и хорошо осознаются.

Особое значение в процессе моторного научения имеет речевая регуляция движений (словесные указания педагога, внутренняя речь обучаемого). С помощью речи формируются в коре избирательные взаимосвязи, лежащие в основе моторных программ. В высших отделах мозга человека обнаружены специальные «командные» нейроны, которые реагируют на словесные приказы и запускают нужные действия.

Самоприказы и вызываемые ими процессы самоорганизации и самомобилизации обеспечивают усиление рабочей доминанты и налаживание моторных и вегетативных компонентов навыка. Этому способствуют и проприоцептивные импульсы от собственных органов речи при произнесении вслух словесных команд (например, подсчет: «Раз, два!» — облегчает регуляцию темпа движений).

Наряду с совершенствованием навыков моторных действий у спортсменов происходит формирование навыков тактического мышления — специализированной формы умственной деятельности. Повторяя определенные тактические комбинации спортсмены автоматизируют мыслительные операции. Это позволяет многие решения принимать почти мгновенно, как бы интуитивно, а осознавать их уже после выполнения (например, в боксе, фехтовании).

## **9.5. Физиологические основы совершенствования двигательных навыков по мере роста спортивного мастерства**

Формирование двигательных навыков в процессе обучения спортивной технике происходит с помощью показа (обучение через первую сигнальную систему) и объяснения (через вторую сигнальную систему). Роль обратных связей (сенсорных коррекций) рассмотрена выше. При повторном выполнении движений происходит их постоянное исправление, так как формирование двигательного навыка всегда является творческим процессом, поэтому дополнительная и особенно срочная информация играют значительную роль.

*Постепенное усложнение техники* движений основано, прежде всего, на том, что разучивать одновременно можно только одно движение. Весьма существенной оказывается роль подготовительных упражнений, которые способствуют в дальнейшем экстраполяции. Однако последняя

действует в относительно ограниченных пределах. Большое значение имеет выполнение упражнения с помощью тренера или запрограммированного тренажёра.

**Многократное систематическое повторение** движений обеспечивает формирование двигательного динамического стереотипа на основе оптимального использования индивидуальных особенностей двигательной памяти. Большое значение имеют число повторений движений, интервалы между ними и отдельными тренировочными занятиями.

**Разносторонняя техническая подготовка** препятствует сужению возможностей экстраполяции, развивает тренируемость и позволяет создавать двигательный динамический стереотип для отдельных элементов комбинаций спортивных движений.

Формирование двигательного навыка должно проводиться обязательно с определённым диапазоном вариативности, так как чрезмерная стандартизация делает его менее устойчивым в реальных условиях спортивной деятельности.

**Индивидуализация обучения** основана на генетических особенностях, определяющих способность быстро обучаться новым движениям, большое значение имеет фонд ранее приобретённых движений, который также предопределяет необходимость индивидуального подхода.

В экстремальных условиях мышечной работы, при развитии утомления надёжность навыка поддерживается путем мобилизации функциональных резервов мозга – дополнительным вовлечением нервных центров, включением в систему управления движениями другого полушария. Особенно при этом важно усиление в этой системе роли лобных ассоциативных областей, что указывает на произвольное преодоление утомления. Такая мобилизация резервов мозга в начальной стадии утомления полезна, так как способствует адаптации нервной системы к нагрузке и сохранению навыка. При глубоком утомлении система управления движениями разрушается и навык теряется.

При действии различных сбивающих факторов, сопровождающих соревновательную деятельность спортсмена (внешних помех, эмоционального стресса, резких изменений гомеостаза и др.), происходят нарушения двигательных навыков и потеря их автоматизации, т. е. **дезавтоматизация**.

Эти явления больше выражены у менее подготовленных спортсменов, недостаточно упрочивших демонстрируемые навыки, у юных спортсменов, у лиц, обладающих нестабильностью нервных процессов и повышенной возбудимостью, при низком уровне общей и специальной работоспособности. Так, недостаточная адаптация к «рваному» режиму и высокому темпу двигательной деятельности в ситуационных видах спорта нарушает навыки точностных движений (бросков и передач мяча, шайбы, ударов в боксе и пр.). Недостаточное освоение переключений от интенсивной лыжной гонки к стабильной позе и тонкой регуляции нажима спускового



крючка, требующих смены одной доминирующей группы нервных центров на другую, снижает меткость стрельбы у биатлонистов.

Снижение функционального состояния организма спортсмена при заболеваниях, кислородном голодании и т. д. Понижается устойчивость рабочей доминанты и обнаруживается нарушением навыков действий.

При перерывах в тренировке могут сохраняться основные черты навыка, последовательность его фаз, но теряется способность эффективного выполнения тонких его элементов. В наибольшей степени утрачиваются самые сложные элементы навыка, а также вегетативные его компоненты.

## **10. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СПОРТИВНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

- 1. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность.*
- 2. Спортивная работоспособность в условиях среднегорья и высокогорья.*
- 3. Биологические ритмы и спортивная работоспособность.*
- 4. Влияние водной среды на спортивную работоспособность.*

### **10.1. Влияние температуры и влажности воздуха на спортивную работоспособность**

*В условиях повышенной температуры и влажности воздуха снижение спортивной работоспособности при напряжённой и продолжительной нагрузке (например, марафонского бега) связано:*

- 1) с перегреванием организма из-за повышения температуры тела до 40–41 °C из-за значительной теплопродукции в работающих мышцах;*
- 2) быстрой дегидратацией (обезвоживанием) из-за усиленного потоотделения, приводящей к нарушению водно-солевого баланса организма, последний характеризуется уменьшением содержания жидкости в организме и снижением концентрации электролитов в его жидких средах. В условиях дегидратации страдает регуляция температуры тела, а также нарушается сократительная способность сердечной и скелетных мышц из-за уменьшения объёма внутри- и межклеточной жидкости;*
- 3) ухудшением кровоснабжения работающих мышц, что происходит из-за ряда причин:*
  - а) увеличивается доля минутного объёма кровотока, направляемая в кожные сосуды для усиленной теплоотдачи;*
  - б) уменьшение объёма плазмы крови вследствие дегидратации и повышение гемоконцентрации увеличивают вязкость крови и снижают производительность сердца;*
  - в) падение венозного возврата из-за снижения объёма циркулирующей крови в результате дегидратации уменьшает систолический объём и, как следствие, минутный объём кровотока;*
  - г) расширение кожных сосудов из-за снижения в них сосудистого тонуса ведёт к падению артериального давления.*

В условиях покоя с повышением внешней температуры сверх комфортной (около 18 °C) теплоотдача происходит за счёт теплопроводения с конвекцией, при 30 °C – за счёт испарения пота, а при 33 °C и выше человек получает тепло из окружающей среды.

В условиях работы тепло отдаётся путём испарения пота, зависящим от скорости потообразования и относительной влажности воздуха (рис. 12).

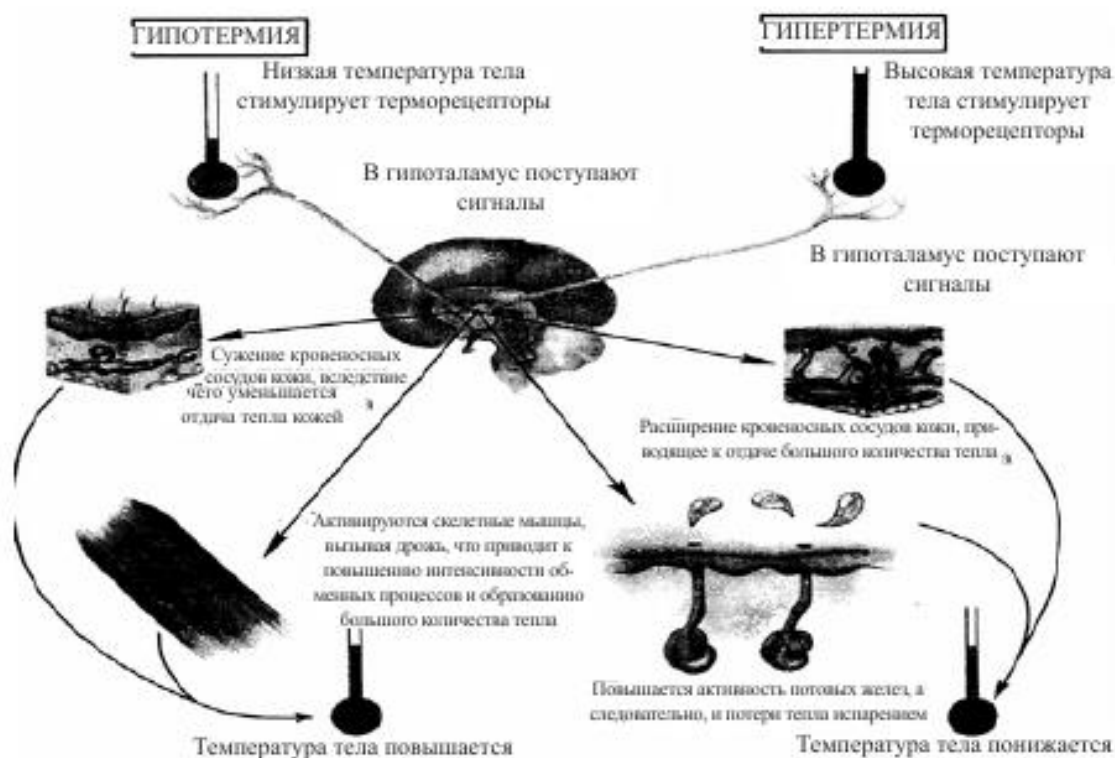


Рис. 12 Механизмы терморегуляции при пониженной температуре (гипотермия) и повышенной температуре (гипотермия)

В условиях повышенной температуры и влажности воздуха усиление теплоотдачи осуществляется следующими физиологическими механизмами.

1) усиление кожного кровотока (до 20% от минутного объёма кровотока) увеличивает перенос тепла от ядра к поверхности тела и обеспечивает снабжение потовых желёз водой.

2) с увеличением мощности нагрузки и повышением температуры ядра тела и его оболочки усиливается потообразование и потоотделение, но у женщин потоотделение меньше, чем у мужчин.

3) поддержание нормального водно-солевого баланса происходит благодаря сохранению воды и минеральных веществ из-за повышения осмотического Давления плазмы (следствие дегидратации) что приводит к восстановлению объёма плазмы, аналогично действие и увеличения онкотического давления плазмы в результате вымывания белка из тканевых пространств кожи. Кроме этого, снижается скорость образования мочи из-за уменьшения почечного кровотока (возможно возникновение рабочей протеинурии), а также происходит появление «эндогенной воды» в результате гликогенолиза. Главная роль в восполнении потерь воды принадлежит приёму жидкостей.

4) увеличение минутного объёма кровотока (МОК) происходит за счёт повышения частоты сердечных сокращений. перераспределение МОК обеспечивает сохранение и даже усиление кожного кровотока при снижении

кровотока через органы брюшной полости, в т. ч. почки, и через работающие мышцы (в результате происходит повышение концентрации лактата в крови в жарких условиях).

*Тепловая адаптация обусловлена следующими физиологическими изменениями:*

1. Усилением потообразования и потоотделения – увеличивается число функционирующих потовых желёз, снижается температурный порог потоотделения (потоотделение начинается при более низкой температуре кожи и быстрее усиливается), более равномерное распределение пота по поверхности тела, снижение содержания солей в поте увеличивает осмолярность крови и вызывает сильное ощущение жажды.

2. Снижением нагрузки на сердечно-сосудистую систему – увеличивается систолический объём из-за роста венозного возврата и увеличения объёма циркулирующей крови, снижается частота сердечных сокращений, а также несколько – вязкость крови из-за снижения степени рабочей гемоконцентрации, обеспечивается возможность быстрого перемещения крови в систему кожных сосудов, приближения кровотока к поверхности кожи и более эффективного его распределения. Кроме этого уменьшается падение чревного и почечного кровотока во время работы.

3. Снижением температуры кожи, что способствует усилению транспорта тепла (проведением) от ядра тела к поверхности и снижению запроса в дополнительном усилении кожного кровотока, а также ростом устойчивости организма к повышенной температуре тела.

4. Уменьшением одышки.

5. Снижением основного обмена и повышением механической эффективности работы (снижением кислородной стоимости стандартной работы).

6. Снижением тонуса симпатической нервной системы.

Тепловая адаптация происходит в течение 12–14 дней, сохраняется несколько недель, высокоспецифична к условиям своего возникновения (характера работы и внешних условий), хуже протекает у пожилых и старых людей. У спортсменов, систематически тренирующих выносливость, совершенствуются механизмы, Характерные для тепловой адаптации, поэтому она развивается быстрее. Если спортсмену предстоит выступать в соревнованиях, проводимых в условиях повышенной температуры и влажности, то он должен за 7–12 дней начать тренировки в таких же условиях, так как даже имитация этих условий не заменит тренировки в жарких условиях среды.

Потери воды в результате напряженной длительной работы (особенно в жарких условиях) должны срочно восполняться в адекватных количествах.

Благодаря этому уменьшается возможность перегревания тела и задерживается уменьшение объёма плазмы, сохраняется нормальный объём циркулирующей крови и предотвращается уменьшение систолического объёма и повышение частоты сердечных сокращений.

За 30 минут до старта следует принять 500 мл воды для создания водного резерва, а на дистанции каждые 10–15 минут выпивать 150–200 мл гипотонического раствора с малым содержанием сахара (до 2,5 %), что обеспечивает быструю эвакуацию в кишечник и большую скорость восполнения потерь воды путём всасывания.

Лучше пить охлажденную воду, так как это усиливает теплопотери. Потери солей у спортсменов на соревновании даже в жарких условиях невелики, но они увеличиваются при частых тренировках, и тогда их следует восполнять.

*В условиях пониженной температуры воздуха* увеличивается теплоотдача за счёт теплопроводения с конвекцией и теплоизлучения.

Защита тела от теплопотерь обеспечивается (рис. 12):

1) сужением кожных сосудов, что уменьшает конвекционный перенос (с кровью) тепла от ядра тела к его поверхности благодаря усилению теплоизолирующей способности «оболочки» тела в 6 раз с уменьшением размеров температурного ядра тела.

При этом снижается кожная температура и уменьшается отдача тепла. Наибольшее уменьшение кровотока происходит в пальцах рук и ног (в 100 и более раз), ушных раковинах, поэтому они наиболее уязвимы для отморожения;

2) кровоток осуществляется в основном по глубоким, а не поверхностным венам, что обеспечивает возврат тепла к ядру тела за счёт нагрева венозной крови артериальной, так как глубокие вены лежат рядом с артериальными;

3) усилением теплопродукции за счёт холодовой дрожи при внешней температуре ниже 22 °С (в произвольные мышечные сокращения постепенно вовлекаются мышцы шеи, живота, груди и конечностей), которая носит перемежающийся характер и слабее выражена у пожилых и старых людей;

4) увеличением неметаболического термогенеза, при этом растёт потребление кислорода в покое, но минутный объём кровотока увеличивается за счёт увеличения систолического объёма, а не частоты сердечных сокращений.

Во время мышечной работы в холодных условиях увеличиваются потери тепла путём теплопроводения и конвекции, что требует увеличения теплопродукции. При физических нагрузках небольшой мощности холодовая дрожь восполняет теплопотери.

При достижении критического уровня теплопродукции, соответствующего теплопотерям (скорость потребления кислорода около 2 л/мин), дрожь прекращается и стабилизируется регуляция рабочей температуры тела.

Снижение температуры тела ниже нормальной (гипотермия) Ведет к уменьшению МПК за счёт падения максимальной частоты сердечных сокращений и максимальной динамической силы, проявляющейся в прыжках и спринте. Холодные условия в ряде видов спорта (конькобежный, лыжный и

др.) не представляют собой серьёзную проблему для регуляции температуры тела и работоспособности спортсмена, так как образуется очень большое количество метаболического тепла при интенсивной мышечной работе.

Холодовая акклиматизация обеспечивается:

- 1) уменьшением сужения кожных сосудов, что повышает температуру конечностей, предотвращает отморожение и позволяет осуществлять координированные движения конечностями в условиях низких температур;
- 2) ростом теплопродукции за счёт увеличения основного обмена, повышения мышечного тонуса, усиления холодовой дрожи, эндокринных и внутриклеточных метаболических перестроек.

Физическая тренировка вызывает эффекты, сходные с холодовой акклиматизацией: у спортсменов в холодных условиях больше усиливается теплопродукция и меньше снижается кожная температура.

## **10.2. Спортивная работоспособность в условиях среднегорья и высокогорья**

В условиях среднегорья (высота от 1500 до 3000м) и высокогорья на организм человека действуют следующие факторы:

- 1) снижение парциального давления кислорода и падение барометрического давления, то есть человек находится в условиях гипербарической гипоксии;
- 2) уменьшение внешнего сопротивления воздуха движущемуся телу из-за сниженной плотности атмосферы, что позволяет развить большую скорость перемещения, например, в спринтерском беге;
- 3) снижение температуры воздуха на  $6,5^{\circ}$  через каждые 1000 м подъёма;
- 4) снижение относительной влажности воздуха, которое приводит к большим потерям воды с выдыхаемым воздухом (при длительной работе возможна дегидратация);
- 5) интенсивная солнечная и ультрафиолетовая радиация (возможны ожоги, ослепление снегом);
- 6) уменьшение силы гравитации, благоприятствующее высоким достижениям в прыжках и метаниях.

*Сразу после прибытия в среднегорье возникают следующие изменения функций:*

- а) Увеличение лёгочной вентиляции (основной механизм срочной адаптации к высоте) особенно при выполнении мышечной работы (вплоть до 200 л/мин). Высотная гипервентиляция обусловлена низким парциальным давлением кислорода в артериальной крови (гипоксемия) и вызывает усиленное выведение углекислого газа с развитием гипокапнии (снижение парциального напряжения углекислого газа в крови), которая может привести к развитию мышечных спазмов, обширному сужению сосудов (в частности, головного мозга), повышению водородного показателя и

тормозящему влиянию на дыхательный центр. Учащение сердечных сокращений и усиленное сужение вен способствует увеличению минутного объема кровотока при выполнении аэробной работы. Усиление рабочей гемоконцентрации увеличивает содержание кислорода в артериальной крови. Снижение анаэробного порога служит дополнительным стимулом для увеличения лёгочной вентиляции.

Снижение МПК может быть даже большим у более тренированных лиц, чем у нетренированных. В условиях среднегорья замедленное вращивание системы кровообращения вызывает кислородный дефицит, при этом повышается энергетическая стоимость работы из-за усиленной деятельности дыхательного аппарата и сердца и создаются предпосылки для более быстрого развития утомления.

*Горная акклиматизация* – это приспособление к условиям нахождения человека на высоте, достигаемое на основе усиления транспорта кислорода к тканям тела и эффективности использования кислорода для аэробного образования энергии. Минимальный период акклиматизации зависит от высоты (для среднегорья – 8–10 Дней).

Её основные механизмы:

- 1) увеличение лёгочной вентиляции со стабилизацией её уровня после недельного пребывания на Данной высоте;
- 2) повышение диффузионной способности лёгких из-за утончения альвеолярно-капиллярной мембраны и замедления тока крови через расширенные лёгочные капилляры;
- 3) повышение кислородной ёмкости крови в результате увеличения числа эритроцитов и содержания гемоглобина в них (истинный эритроцитоз);
- 4) увеличение плотности капилляров в скелетных мышцах;
- 5) повышение концентрации миоглобина в скелетных мышцах;
- 6) Увеличение количества митохондрий в клетках;
- 7) увеличение содержания и активности окислительных ферментов.

Клеточные структурно-метаболические изменения требуют длительного времени. В результате описанных выше изменений МПК постепенно увеличивается и через 3–5 недель пребывания на высоте оно лишь на 10-15 % меньше, чем на уровне моря.

Работоспособность спортсмена снижается по мере подъёма на высоту, прежде всего это касается выносливости. В скоростно-силовых и координационных упражнениях результаты остаются практически прежними, а в спринте даже становятся выше.

Восстановление протекает замедленно, поэтому повторение упражнений вызывает более быстрое утомление.

После возвращения на равнину улучшение работоспособности индивидуально, также следует учитывать ещё и фазность реакклиматизации.

Спортивная тренировка должна проводиться преимущественно (если не исключительно) в тех же условиях, в которых проводятся соревнования.

### **10.3. Влияние водной среды на спортивную работоспособность**

В водной среде на организм человека действуют следующие факторы:

- 1) высокая плотность по сравнению с воздухом и вязкость воды создают лобовое сопротивление, зависящее также от размеров и формы тела и скорости передвижения;
- 2) гипогравитация создаётся за счёт подъёмной (выталкивающей) силы;
- 3) горизонтальное положение тела уменьшает ЖЕЛ, создаёт благоприятные условия для усиленного венозного возврата, облегчая работу сердца;
- 4) давление окружающей среды снижает статические объёмы лёгких, повышает сопротивление току воздуха в дыхательных путях, затрудняет дыхательные экскурсии грудной клетки;
- 5) высокая теплоёмкость и теплопроводность воды по сравнению с воздухом в сочетании с её конвекцией создают условия для значительных теплопотерь.

К особенностям плавания относятся сложность плавательной техники и преимущественная работа мышц рук и пояса верхних конечностей. При плавании расход энергии в 5–10 раз больше, чем при беге с той же скоростью, при этом около 95% всей энергопродукции превращается в тепло, то есть эффективность плавания (КПД) составляет всего 4–7 %. На дистанции 100 м примерно 80% энергии обеспечивается анаэробными механизмами, на дистанции 400 м и более 50 % энергии организм получает за счёт окислительного фосфорилирования, на дистанциях 800 и 1500 м наибольшее значение имеют аэробные механизмы энергообеспечения.

У пловцов формируется комплексное восприятие различных раздражителей, называемое «чувством воды» и обусловленное раздражением тактильных, температурных, вестибулярных рецепторов, а также проприорецепторов. Одновременно повышается вестибулярная устойчивость.

Внешнее дыхание пловцов характеризуется наличием большой ЖЕЛ, у них выше сила дыхательных мышц, так как выдох обычно производится под водой (за исключением брасса и плавания на спине), а также имеется более высокая активность дыхательных мышц из-за повышения сопротивления току воздуха в воздухоносных путях во время нахождения в воде или активного плавания.

Частота сердечных сокращений при плавании увеличивается, но она несколько ниже, чем при беге с таким же уровнем потребления кислорода, среднее артериальное давление при плавании выше, чем при беге.

Почти полностью отсутствует потоотделение, поэтому высокие требования предъявляются к выделительной функции почек.

#### **Физиологические особенности выполнения физических нагрузок под водой.**

При погружении тела в воду оно подвергается действию повышенного атмосферного давления, из-за чего:



- воздух, находящийся в легких, сжимается при погружении тела в воду и расширяется при поднятии на поверхность, что может вызвать спонтанный пневмоторакс (разрыв альвеол, из-за чего газ попадает в плевральную полость, вызывая коллапс легких).

- при погружении тела в воду в жидкостях организма увеличивается число растворенных молекул газов, которые при быстром подъеме на поверхность выходят из жидкости, образуя пузырьки (эмболы).

- несоответствие давления воздуха в пазухах и среднем ухе при подъеме на поверхность и погружении на глубину может привести к разрыву барабанной перепонки.

Задержка дыхания при подводных погружениях оказывает следующие физиологические воздействия. При погружении в воду с задержкой дыхания на глубину всего 1–2 м давление газов в организме может повыситься. На большой глубине объем воздуха в легких может уменьшиться до величины остаточного объема, но не меньше.

Глубина погружения с задержкой дыхания определяется отношением общего объема легких к остаточному объему. Люди, имеющие большое отношение ООЛ к ОО, могут опускаться на большую глубину.

Применение гипервентиляции для увеличения продолжительности задержки дыхания при погружении в воду без дыхательных аппаратов может привести к опасному понижению уровней кислорода в организме, следствием которого может быть потеря сознания при нахождении под водой.

Во время погружения на глубину вследствие наркотического действия азота при его высоком парциальном давлении возникает «глубинное опьянение» (азотный наркоз). Его симптомы напоминают симптомы алкогольного опьянения. В результате азотного наркоза нарушается оценка ситуации, что может привести к роковым ошибкам.

При погружениях в воду спортсмены обычно используют акваланг, однако необходимо учитывать, что:

- при вдыхании газовой смеси под давлением возможна аккумуляция токсических количеств газов, поэтому необходимо соблюдать меры предосторожности при погружении в воду со специальными дыхательными аппаратами.

- кислородное отравление происходит при  $pO_2$  выше 318 мм рт.ст. Из гемоглобина выделяется меньшее количество кислорода для утилизации тканями. Это нарушает присоединение диоксида углерода к гемоглобину, вследствие чего его меньше выводится. При высоком  $pO_2$  происходит сужение мозговых сосудов, что приводит к пониженному кровоснабжению мозга.

**Декомпрессионная болезнь** возникает при быстром снижении давления (например, во время всплытия с глубины, выхода из кессона или барокамеры, подъема на высоту). При этом газ, ранее растворенный в крови или тканях, образует газовые пузырьки в кровеносных сосудах. Характерные

симптомы включают боль, неврологические нарушения или, и то, и другое. В тяжелых случаях, могут быть смертельные исходы. Диагноз ставится на основе клинических данных. Основным эффективным методом лечения - рекомпрессионная терапия. Для профилактики главным является соблюдение техники подводного плавания.

Закон Генри гласит, что количество газа, растворенного в жидкости, прямо пропорционально парциальному давлению этого газа над жидкостью. Таким образом, количество инертных газов (например, азота, гелия), растворимых в крови и тканях, увеличивается при повышении давления.

Во время подъема, когда окружающее давление снижается, могут образовываться пузырьки газа (преимущественно, азота). Свободные пузырьки могут возникнуть в любых тканях и вызвать локальные симптомы или могут попасть с током крови в отдаленные органы (артериальная газовая эмболия). Пузырьки вызывают симптомы путем:

- Блокирования кровеносных сосудов
- Разрыва или сдавления ткани
- Индукции повреждения эндотелия и экстравазации плазмы
- Активации свертывания крови и воспалительных каскадов

Поскольку азот легко растворяется в жире, ткани с высоким содержанием жира (например, центральной нервной системы) являются особенно чувствительными.

- Факторы риска развития декомпрессионной болезни
- Декомпрессионная болезнь встречается приблизительно с частотой 2–4/10 000 погружений среди людей, занимающимися дайвингом с целью развлечения. Частота выше среди коммерческих дайверов, которые подвергаются воздействию больших глубин и более длительному времени погружения.

Факторы риска включают следующее:

- Погружение при низкой температуре
- Дегидратация
- Физическая нагрузка после подводного плавания
- Усталость
- Перелет после погружения
- Ожирение
- Пожилой возраст
- Длительное погружение или погружение на глубину
- Быстрый подъем
- Шунтирование сердца

Так как избыток азота остается растворенным в тканях организма в течение, по крайней мере, 12 часов после каждого погружения, повторные погружения в течение 1 часа с большой долей вероятности вызовут

декомпрессионную болезнь. Декомпрессионная болезнь может также развиваться в случае, если уровень давления падает ниже атмосферного (например, при подъеме на высоту).

Различают 2 типа декомпрессионной болезни:

Тип I: поражает суставы, кожу и лимфатические сосуды и протекает более мягко и обычно не угрожает жизни

Тип II: включает неврологическое или кардиореспираторное поражение, которое является серьезным, иногда опасным для жизни, и затрагивает различные системы органов

Спинной мозг особенно уязвим; другими органами, в которых происходят повреждения, являются головной мозг, дыхательная система (например, легочная эмболия) и сердечно-сосудистая система (например, сердечная недостаточность, кардиогенный шок).

Мышечно-суставные боли означает локальные боли в суставах или мышечные боли в результате декомпрессионной болезни, но часто используется как синоним для любого компонента нарушения.

## **11. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ ЖЕНЩИН И ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ**

- 1. Физиологические основы тренировки женщин.*
- 2. Физиологические основы тренировки юных спортсменов.*
- 3. Спортивная ориентация и отбор.*

### **11.1. Физиологические основы тренировки женщин**

Природа наделила женский организм отличительными чертами, связанными с функцией материнства, что определяет формирование ряда особенностей телосложения женщины и накладывает своеобразие на деятельность многих органов и систем ее организма.

В основе отличия в строении тела лежит меньшая величина у женщин всех параметров, характеризующих физическое развитие и показателей, определяющих функциональное состояние систем и органов, по сравнению с мужчинами того же возраста.

Женщины обладают меньшей длиной и массой тела, менее сильным связочным аппаратом, более узкими плечами, короткой и широкой грудной клеткой, широким и ниже расположенным тазом (что обуславливает более низкое расположение центра тяжести), более длинным туловищем со сравнительно более короткими конечностями (на 10 %).

Анализ компонентного состава массы тела у мужчин и женщин выявил четкие различия: у мужчин выше содержание костного и мышечного компонента. У женщин костная масса составляет в среднем 16 % массы тела, у мужчин – 18 %. У мужчин мышечная масса составляет 42 % веса тела, а у женщин – 36 %.

Жировой компонент составляет у мужчин 15 %, а у женщин – 25 %. С возрастом происходит увеличение доли жира у женщин до 37 %, у мужчин – до 26 %. У мужчин проявляется тенденция к накоплению жира в области живота и верхней части тела, у женщин больше в области живота и бедер. При астеническом типе телосложения относительное содержание подкожного жира у женщин выше, чем у мужчин.

Наблюдаются различия типов конституции в связи с полом, возрастом и образом жизни: у мужчин чаще отмечается мышечный тип, а у женщин – астеноидный или торакальный. Среди мужчин юношеского и I периода зрелого возрастов наиболее часто встречаются представители астенического соматотипа (59,7 %), 33,8 % составили лица нормостенического соматотипа и в наименьшем количестве (6,5 %) выявлены представители пикнического соматотипа.

Неодинаковое распределение типов конституций у юношей и девушек подтверждает изменчивость в формировании мужского и женского соматотипов.

Как морфологические особенности, так и функциональные возможности организма женщины и мужчины существенно различаются. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы значительно отличаются от соответствующих систем мужского организма. У лиц женского пола по сравнению с лицами мужского пола меньше основные параметры гемодинамики: объем сердца, его вес, систолический объем, минутный объем, масса циркулирующей крови, содержание гемоглобина в крови. Средняя масса сердца взрослой женщины равна примерно 230 г, составляя всего 85–87 % массы сердца мужчины. У нетренированных женщин и мужчин 20–30 лет объем сердца равен 580 и 800 мл соответственно. У молодых женщин систолический объем в покое составляет примерно 68 мл, у мужчин – около 88 мл. Частота сердечных сокращений у женщин в среднем составляет  $81,3 \pm 2,6$  уд/мин, а у лиц мужского пола –  $70,5 \pm 1,6$  уд/мин. Показатели АДС и АДД у юношей выше, чем у девушек и составляют 121,8/78 и 107,6/68,6 мм рт. Ст. Соответственно. Минутный объем крови в состоянии покоя у лиц мужского пола меньше, чем у женщин и составляет  $3945,2 \pm 138,4$  мл/мин и  $4806,9 \pm 200,9$  мл/мин соответственно.

Концентрация гемоглобина в крови здоровых молодых женщин ниже и составляет 120–140 г/л, чем у молодых мужчин – 130–150 г/л. Количество гемоглобина на 1 кг массы тела у мужчин равняется 8,5 г/кг, у женщин на 1,3 г/кг меньше.

Показатели периферического сосудистого сопротивления и удельного периферического сосудистого сопротивления имеют большие значения у мужчин, чем у женщин. У женщин данный показатель составляет  $15,79 \pm 0,53$  –  $16,7 \pm 0,54$ .

У нетренированных женщин 20–29 лет МПК составляет 2,23 л/мин, а у мужчин этого возраста данный показатель на 25–30 % выше. ЖЕЛ у женщин меньше в среднем на 1000 мл, чем у мужчин, у последних этот показатель составил  $4,69 \pm 0,18$  л. В состоянии покоя Мод у женщин равен 3–5 л, у мужчин – 6–8 л. У взрослых женщин частота дыхания больше, чем у мужчин и достигает 15–25 дых/мин. Дыхательный объем у женщин равен 300–400 мл, у мужчин – 400–700 мл.

Женщины имеют более высокие по сравнению с мужчинами уровни личностной и реактивной тревожности. У женщин показатель реакции на движущийся объект был выше, чем у мужчин.

Особенности женского организма проявляются в деятельности ЦНС. С возрастом увеличивается число лиц, имеющих большую и среднюю силу нервной системы, как у мужчин, так и у женщин, но у последних это проявляется более ярко.

Существенных различий по лабильности между мужчинами и женщинами нет: лабильность на свет в среднем равна 39,2 и 38,9 единицы, а на звук – 75,9 и 74,5 единицы.

### **Менструальный цикл как особенность женского организма**

Термином «менструальный цикл» определяют одно из проявлений специфического биологического процесса в организме женщины, который образуется тремя основными циклическими изменениями:

- в системе гипоталамус – гипофиз – яичники (яичниковый цикл);
- в матке (маточный цикл);
- в эктогенитальных системах организма.

Совокупность последовательно протекающих циклических процессов в яичниках, их гормональное воздействие и циклические изменения в матке объясняют название данного специфического цикла – «овариально-менструальный».

Основное биологическое содержание женских половых циклов сводится к гормонозависимой смене двух процессов, обуславливающих оптимальные условия размножения – готовность женского организма к оплодотворению созревшей яйцеклетки и обеспечение условий для развития оплодотворенной яйцеклетки.

Менструальный цикл генетически детерминирован, для каждого индивида стабилен по своим параметрам и колеблется в норме от 21 до 35 дней. При 28-дневном менструальном цикле различают пять фаз: менструальную - исчезновение желтого тела (1–6-й день), постменструальную (фолликулиновая) – стадия развития фолликулов (7–12-й день), овуляторную - стадия овуляции (13–15-й день), постовуляторную фазу – (16–24-й день) и предменструальную (лютеиновую, прогестероновую) – стадия развития желтого тела (25–28-й день).

Во время ОМЦ организм женщины подготавливается к возможной беременности, главная роль при этом принадлежит гормонам яичников – эстрогенам и прогестерону (рис. 13).

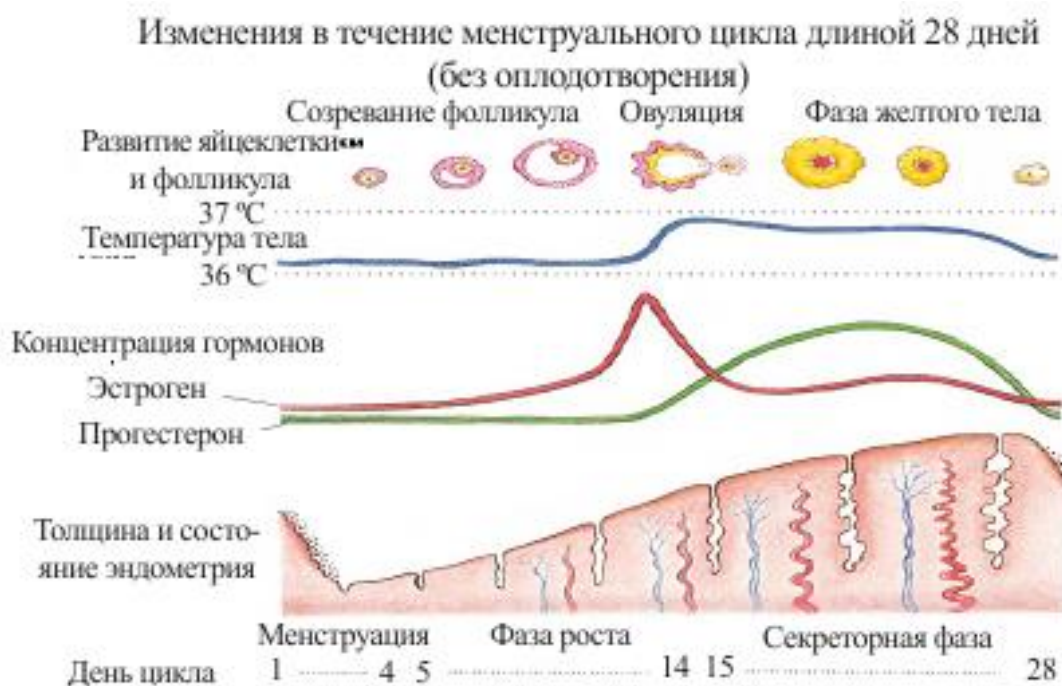
Эстрогены представлены эстрадиолом, эстроном и эстриолом. Биологически наиболее активен эстрадиол, 95 % которого образуется в фолликуле, и уровень его в крови является показателем созревания фолликула.

Эстрадиол секретируется преимущественно клетками гранулезы, а также в меньших количествах желтым телом.

Эстрон образуется путем периферической ароматизации эстрадиола.

Основным источником эстриола является гидроксилирование эстрадиола и эстрона в печени. Содержание эстрогенов зависит от фазы менструального цикла (рис. 13).

У женщин в начале менструального цикла концентрация эстрадиола составляет около 30 пг/мл. С приближением овуляции его концентрация возрастает и достигает 400 пг/мл. После овуляции наблюдается падение уровня эстрадиола с небольшим вторичным подъемом в середине лютеиновой фазы – в период расцвета желтого тела. Максимальная концентрация эстрогенов в крови и моче отмечена в середине менструального цикла (рис. 13).



*Рис. 13. Овариально-менструальный цикл*

На протяжении менструального цикла у женщин изменяется весоростовой показатель, окружность грудной клетки на вдохе и выдохе. В преовуляторную фазу отмечается значительное повышение весоростового показателя, так как вес здоровых женщин в этот период минимальный. Во вторую и третью фазу ОМЦ показатели массы нарастают, а рост уменьшается.

На протяжении ОМЦ изменяются показатели внешнего дыхания. Наибольшие величины минутного объема дыхания выявлены в фазе овуляции, наименьшие – постменструальной и постовуляторной. Выявлены большие величины дыхательного объема в овуляторной и постовуляторной фазах цикла. Частота дыхания имеет наибольшие величины в менструальную и предменструальную фазы, а наименьшие в постменструальную и постовуляторную.

По показателям дыхательной системы наибольшие различия были отмечены во времени задержки дыхания. В фазу овуляции этот показатель был минимальным и достоверно отличался от времени задержки дыхания в постовуляторную фазу. Экскурсия грудной клетки в третью фазу была также максимальной, по сравнению с преовуляторной фазой.

Гормональные изменения в организме женщины оказывают выраженное влияние на циклические изменения функций системы кровообращения. Начиная с фазы овуляции ЧСС возрастает и достигает наибольших значений в предменструальной фазе.

Учащение ЧСС обуславливает увеличение МОК в постовуляторной и особенно в предменструальной фазах.

Содержание гемоглобина в разные фазы ОМЦ в крови женщин неодинаково. Низкие его концентрации отмечены в первой фазе цикла, начало его снижения наблюдается в пятой фазе менструального цикла.

Вегетативный индекс, характеризующий соотношение тонуса двух отделов вегетативной нервной системы, в фазу овуляции ниже, что свидетельствовало о повышении тонуса парасимпатического отдела ВНС. В постменструальную и постовуляторную фазы преобладает тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Предменструальная фаза характеризуется ухудшением психомоторных показателей, увеличением подвижности нервных процессов, что соответствует литературным данным о повышении раздражительности перед менструацией.

Подвижность возбуждения и торможения в различные фазы ОМЦ тоже изменяется неодинаково, так в предменструальной фазе имеется небольшая тенденция к снижению подвижности торможения, а затем начинает превалировать тенденция к повышению подвижности этого процесса. Особенно отчетливо эта тенденция проявляется в постменструальной фазе. Противоположно изменяется подвижность возбуждения. В предменструальной фазе имеется тенденция к ее возрастанию, а затем усиливается тенденция к уменьшению подвижности возбуждения (особенно в постменструальном периоде). Лабильность нервных процессов выше в постменструальной и постовуляторной фазах и снижается в предменструальную, менструальную и особенно в овуляторную фазы цикла.

Адаптационные возможности женщин на протяжении менструального цикла меняются на физиологическом и психологическом уровнях.

Наиболее благоприятной с точки зрения процессов восприятия времени и пространства является овуляторная и постменструальная фазы, а менее благоприятной – предменструальная.

Более точное отражение длительности минуты астрономического времени выявлено в менструальную фазу.

В различные фазы биологического цикла специальная работоспособность и функциональные возможности спортсменок изменяются как под воздействием тренировочных и соревновательных нагрузок, так и, естественно, путём физиологических изменений, присущих лишь женскому организму (табл. 3).

Высокая экономичность функций систем дыхания и кровообращения, большой резерв дыхания в постменструальной и постовуляторной фазах цикла способствуют большей работоспособности спортсменок в этих фазах в отличие от овуляторной, предменструальной и менструальной. Максимальные показатели относительной работоспособности соответствуют предменструальной фазе.

Некоторые исследователи не нашли существенного влияния менструации на работоспособность здоровых спортсменок. В то же время некоторые зарубежные авторы приводят данные, согласно которым 80%



спортсменок добивались лучших результатов после менструации, и только 2,8% – в пред- и менструальных периодах.

Таблица 3.

Общая структура нагрузок, построенная с учётом фаз менструального цикла

Фаза цикла	Дни	Суммарная тренировочная нагрузка	Характер физических нагрузок
Менструальная	1-5	Средняя	На ловкость и гибкость
Постменструальная	6-12	Большая	На силу, быстроту и выносливость
Овуляторная	13-15	Средняя	Исключить интенсивные нагрузки силового характера и на развитие выносливости
Постовуляторная	16-24	Большая	На силу, быстроту и выносливость
Предменструальная	25-28	Малая	Исключить интенсивные нагрузки силового, скоростного характера и на развитие выносливости, исключить нагрузку на ЦНС

Ухудшение работоспособности женщины перед менструацией возможно при выраженном предменструальном синдроме. У систематически тренирующихся женщин спортивный успех в соревнованиях в предменструальную и менструальную фазы цикла бывает обычным, а иногда и рекордным (81,6 %), ухудшается результат в 18,4 %.

В предменструальной и менструальной фазах увеличивается подвижность в суставах и растяжимость мышечно-связочного аппарата.

Наиболее высокие координационные способности женщины показывают в 3–12-й и 15–25-й дни ОМЦ, а в овуляторной и предменструальной фазах наблюдаются выраженные отрицательные тенденции по данным показателям.

У регулярно тренирующихся спортсменок постепенно формируется динамический стереотип повседневной спортивной готовности и поэтому достижение высоких спортивных результатов ими возможно во всех фазах ОМЦ, включая и менструальную.

## 11.2. Физиологические основы тренировки юных спортсменов

Двигательная активность растущего организма обеспечивает развитие всех его систем, стимулируя обмен веществ и энергии, окостенение скелета (замена хрящевой ткани на костную) происходит в различных его частях в разные сроки, при этом развитие костной ткани связано с ростом мышечной ткани. Развитие каждой мышцы или группы мышц также происходит неравномерно: наиболее высокими темпами роста обладают мышцы ног, наименее высокими – мышцы рук. Темпы роста мышц-разгибателей опережают темп развития мышц-сгибателей. Мышцы, начинающие раньше функционировать и являющиеся более нагруженными, особенно быстро увеличивают свою массу.

С первых дней жизни ребёнка по механизму временных связей происходит формирование новых движений (двигательных навыков). Навыки ходьбы совершенствуются в течение всего второго года жизни. Элементы бега появляются с двух лет, совершенствование бега происходит благодаря удлинению фазы полёта. От 3 до 10 лет фаза полета увеличивается более чем в 2 раза. Прыжок формируется лишь на третьем году жизни. С возрастом результат в прыжках увеличивается благодаря повышению мышечной координации, развитию силы мышц и быстроты. Это увеличение происходит неравномерно. Наибольший рост результатов в прыжках отмечается у мальчиков до 13 лет, а у девочек до 12–13 лет.

Развитие физических качеств в процессе онтогенеза происходит неравномерно и гетерохронно, поэтому каждому возрасту свойствен определённый уровень развития двигательных качеств.

Развитие силы происходит относительно равномерно с 8 до 10 лет, а наиболее интенсивный прирост максимальной произвольной силы – в период от 13–14 до 16–17 лет, в последующие годы темпы её прироста замедляются.

Быстрота нарастает до 13–15 лет, если в это время её не развивать, то в последующие годы возникшее отставание трудно ликвидировать. Время двигательной реакции особенно быстро уменьшается в 9–11 лет, приближаясь к данным взрослых в 13–14 лет; скорость одиночных движений наиболее эффективно развивается в 9–13 лет, максимальная частота движений достигается в 13 лет, но может увеличиваться до 17 лет и даже до 20 лет.

Наибольший прирост результатов в прыжках наблюдается от 12 до 13 лет.

С возрастом заметно повышается работоспособность при выполнении динамических упражнений на выносливость, наибольший прирост аэробной выносливости наблюдается у юношей 15 до 20 лет.

Различные проявления ловкости развиваются в разные возрастные периоды: наибольший рост способности управлять пространственными параметрами движений отмечается от 7 до 10 лет, временными (дифференцировка темпа движений) – к 13–14 годам, силовыми (дифференцирование мышечных усилий) – к 15–17 годам.

Наибольшая гибкость отмечается у мальчиков в 15 лет, у девочек – в 14 лет, но изменения ее неравномерны. Подвижность позвоночника при разгибании заметно повышается у мальчиков с 7 до 14 лет, а у девочек с 7 до 12 лет, а его подвижность при сгибании заметно возрастает у мальчиков с 7 до 10 лет, а в 11–13 лет уменьшается.

Динамика состояния организма при спортивной деятельности имеет возрастные особенности. Предстартовые реакции у юных спортсменов более выражены, чем у взрослых, т. е. у них выше функциональные сдвиги. При словесной информации о предстоящей мышечной деятельности условно-рефлекторно вызываются изменения частоты дыхания и сокращений сердца, повышение артериального давления. Период вработывания у детей несколько короче, чем у взрослых. У юных спортсменов раньше происходит стабилизация некоторых показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем, т. е. Устойчивое состояние достигается быстрее, но длится оно меньше, чем у взрослых. «мёртвая точка» у юных спортсменов выражена сильнее, так как их организм более тяжело переносит состояние гипоксии и ацидоза. Кроме того сила воли подростков часто оказывается недостаточной, чтобы преодолеть это состояние. Дети вынуждены прекращать работу при меньших изменениях внутренней среды организма, в условиях значительно меньшей кислородной задолженности. У них практически отсутствует «компенсированное утомление».

При утомлении у детей работоспособность и быстрота движений снижаются в большей мере, чем у взрослых, а при выполнении упражнений умеренной мощности больше дискоординируются функции дыхания и кровообращения, в большей мере повышается энергетическая стоимость упражнений. После непродолжительных, преимущественно анаэробных упражнений восстановление работоспособности, вегетативных функций, ликвидация кислородного долга происходит быстрее, чем у взрослых. Но это не даёт им преимуществ перед взрослыми, так как при продолжительных и утомительных нагрузках или при многократных повторениях упражнений восстановительные процессы у детей протекают медленнее и длятся дольше, чем у взрослых. Например, продолжительность восстановления у юных велосипедистов после гонки на 25 км примерно такая же, как у взрослых спортсменов после гонки на 50 км.

В процессе тренировки у юных спортсменов развитие двигательных и вегетативных функций, повышение работоспособности происходит на фоне ещё не закончившихся процессов роста и формирования организма. Спортивная тренировка с увеличением стажа занятий позволяет приобрести значительно большую работоспособность по сравнению со сверстниками, что выражено в большей степени у девочек, хотя последние показывают меньшую работоспособность, чем мальчики. Увеличение работоспособности и улучшение с возрастом адаптации к упражнениям, требующим при своём выполнении выносливости, в значительной мере связано с ростом величины МПК. У юных спортсменов меньше как аэробные, так и анаэробные возможности.

При выполнении одинакового объёма работы со взрослыми у детей регистрируются более высокая частота дыхания и сердечных сокращений, то есть деятельность висцеральных систем более напряжённая и менее эффективная. В связи этим особую опасность представляет форсированная подготовка юного спортсмена, использование узкого круга физических упражнений, чрезмерное и несвоевременное увеличение тренировочных нагрузок.

### **11.3. Спортивная ориентация и отбор**

Спортивная ориентация – система организационно-методических мероприятий, позволяющих наметить направление специализации юного спортсмена в определённом виде спорта.

Спортивный отбор – это комплекс мероприятий, позволяющий определить высокую степень предрасположенности (одарённость) ребёнка к тому или иному роду спортивной деятельности (виду спорта).

Медико-биологические критерии спортивного отбора: а) состояние здоровья; б) биологический возраст; в) морфофункциональные признаки; г) состояние функциональных и сенсорных систем организма; д) индивидуальные особенности высшей нервной деятельности.

Учёт данных о состоянии здоровья и функциональном состоянии различных органов и систем организма детей позволяет своевременно выявить наличие отклонений, которые (без врачебного вмешательства) могут усугубиться при больших физических нагрузках в ходе тренировки. Существует ряд заболеваний и патологических состояний являющихся основанием для отказа в приёме в ДЮСШ. К числу абсолютных противопоказаний следует отнести врождённые и приобретённые пороки сердца, гипертоническую болезнь, многие формы лор-патологии и другие заболевания.

Оценку биологической зрелости следует проводить комплексно, т.е. с учётом многих признаков, характеризующих биологический возраст юных спортсменов. Биологический возраст более тесно, чем паспортный, связан с морфологическими и функциональными показателями. Появление признаков полового созревания (волосы на лобке, в подмышечной впадине, увеличение молочных желёз) в более молодом возрасте свидетельствует о более высоких темпах биологического созревания. Поэтому акцент при спортивном отборе на детей-акселератов не всегда целесообразен. Нередко подростки с замедленными темпами индивидуального развития потенциально более способны, но их одарённость проявится позднее, их зона наилучшего роста (сенситивный период) наступает позже.

Важным компонентом модели сильнейшего спортсмена являются морфологические признаки. В качестве критериев при отборе используются такие показатели, как длина и масса тела, длина ноги, руки, обхват бедра, голени, размеры грудной клетки и других характеристики строения тела. Для более полной оценки пригодности к занятиям спортом рекомендуют также

учитывать такие функциональные показатели, как сила отдельных групп мышц, подвижность в суставах. Чтобы полнее учитывать особенности телосложения, связанные с влиянием генетических факторов, рекомендуют определять так называемые соматические типы. Считают, что детей, относящихся к микросоматическому типу, следует ориентировать на занятия гимнастикой, лыжным спортом, боксом, борьбой (лёгкие весовые категории). Детей макросоматических типов целесообразно отбирать для занятий баскетболом, волейболом, греблей, лёгкой атлетикой (метания, прыжки в высоту).

В настоящее время всё большую значимость для прогнозирования приобретают данные о так называемых генетических маркерах, т. е. таких стабильных морфологических признаках, по которым можно судить о перспективах развития отдельных двигательных качеств. К числу таких признаков относят особенности дерматоглифики (рисунок кожного узора ладоней кистей и стоп), цвет радужной оболочки глаз, группу крови и т.п.

Важным показателем врождённых аэробных возможностей организма является уровень МПК. Это является хорошим прогностическим показателем к занятиям бегом и конькобежным спортом: чем больше МПК, тем больше шансов, что у данного человека имеются хорошие задатки для работы на выносливость.

Способность к перенесению значительных гипоксемических (недостаток кислорода) и гиперкапнических (избыток углекислого газа) сдвигов свидетельствуют о предрасположенности к бегу на длинные и средние дистанции.

С возрастом повышается мера наследственных влияний для жизненной ёмкости лёгких, что объясняется ее зависимостью от размеров грудной клетки, наследственная обусловленность которых с возрастом увеличивается.

При отборе и спортивной ориентации следует учитывать соотношение белых (быстрых) и красных (медленных) мышечных волокон. Так при отборе бегунов на длинные дистанции следует отдавать предпочтение подросткам, имеющим 60–70 % красных мышечных волокон в мышцах, на которые падает основная нагрузка. У выдающихся спринтеров, наоборот, большую часть мышечной массы (60–70 %) составляют белые волокна.

Типологические свойства нервной системы в значительной степени определяют потенциальные спортивные успехи. Для спортсменов с возбудимой, сильной, уравновешенной, подвижной нервной системой (сангвиник) характерно быстрое овладение техникой движений, успешное решение двигательных задач.

Однако быстрое достижение спортивных успехов может вызвать у представителей этого типа потерю интереса к повторению освоенного. Формирование устойчивых навыков у них затруднено. Дети и подростки с сильно, уравновешенной, малоподвижной нервной системой сравнительно медленно овладевают сложными по координации движениями. Неоднократное повторение движений не снижает у них интереса, что способствует формированию устойчивых навыков. Для детей сильного,

возбудимого, безудержного типа овладение сложными формами движений не представляет труда. Однако из-за повышенной возбудимости такие дети нетерпеливы, суетливы.

Не овладев одним движением, они переходят к новому. Быстрота и скоростно-силовые качества мало изменяются под влиянием спортивной тренировки, поэтому, например, отбор юных прыгунов следует проводить с учётом значительных «взрывных усилий» в толчковой фазе прыжка, а спринтеров – с учётом импульса силы за 0,1 с, характеризующим способность спортсмена проявлять большие усилия в кратчайший срок.

Однако следует помнить, что генетическая предрасположенность может быть реализована только тогда, когда акценты педагогических влияний совпадают с индивидуальными анатомо-физиологическими особенностями спортсмена в данный возрастной период. Развитие физических качеств в возрасте 12–16 лет находится в зависимости от биологического, а не от паспортного возраста, поэтому акцент при отборе на детей-акселератов не всегда целесообразен. Главным критерием спортивного отбора должен быть не исходный уровень достижений, а темпы прироста функциональных возможностей и развития физических качеств.

## СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

**«Второе дыхание»** – состояние, возникающее после «мертвой точки», если работа продолжается. Сопровождается чувством облегчения выполнения работы, которое прежде всего проявляется в появлении «комфортного дыхания» (нормального). При этом легочная вентиляция уменьшается, замедляется частота и увеличивается глубина дыхания. Растет потоотделение.

**«Мертвая точка»** – особое состояние организма, возникающее через несколько минут после начала напряженной и продолжительной (не менее 6 мин) работы, характеризующееся временным снижением работоспособности.

**Автоматизация движений** – выполнение движений без их осознания. Последняя (третья) фаза формирования двигательных навыков.

**Адаптация** – приспособление организма к изменяющимся условиям жизнедеятельности. Само приспособление организма к физическим нагрузкам выражающееся в структурно-функциональных перестройках в различных органах системах и тканях, совершенствовании нервной и гуморальной регуляции, обеспечивающих более высокую работоспособность.

**Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)** – вещество, при расщеплении которого высвобождается большое количество энергии; основной и единственный источник энергии сокращения мышц.

**Азотистый баланс** – соотношение количества азота, которое поступает в организм с пищей и выделяется из организма, вместе с мочой и потом. По его величине можно судить о приходе и расходе белков.

**Активный отдых** – восстановление работоспособности организма переключением на другой вид деятельности, или на ту же работу, но с меньшей интенсивностью.

**Анаэробные упражнения** - упражнения с преобладанием анаэробных (без участия кислорода) механизмов энергообеспечения. Выделяют три группы: 1) максимальной анаэробной мощности (анаэробный компонент – 95-100 %, длительность до 10 с); 2) околوماксимальной анаэробной мощности (анаэробный компонент – 75-95 %, длительность 20-50 с); 3) субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробный компонент – 60-70 %, длительность – 60-120 с).

**Анаэробный порог (ПАНО)** – наименьшая нагрузка, при которой, или впервые, достигается концентрация лактата в артериальной крови 4 ммоль/л. ПАНО достигается в среднем, в циклических видах спорта, при ЧСС равной 150-170 уд. мин.

**Ассимиляция** – совокупность процессов, ведущих к созданию живой материи; усвоение живыми клетками веществ, поступивших из внешней среды.

**Ацидоз** – сдвиг рН крови в кислую среду. Наблюдается при затруднении выведения из организма  $\text{CO}_2$  и накоплении кислот (при диабете, физической нагрузке).

**Аэробные возможности (производительность)** – Способность организма использовать (потреблять) значительные величины кислорода в процессах ресинтеза АТФ. Определяется максимальной скоростью потребления (МПК) кислорода в единицу времени (мощность) и способностью длительно поддерживать потребление кислорода на уровне МПК (емкость).

**Аэробные упражнения** – упражнения с преобладанием аэробных (окислительных) механизмов энергообеспечения. Выделяют пять групп: 1) максимальной аэробной мощности (Потребление кислорода на уровне 95-100% от МПК, длительность 2-4 мин); 2) субмаксимальной аэробной мощности (80-90% от МПК, длительность до 12-15 мин); 3) большой аэробной мощности (65-80% от МПК, длительность – 15-60 мин); 4) средней аэробной мощности (55-65% от МПК, длительность 60-240 мин); 5) малой аэробной мощности (50% и ниже от МПК, длительность более 240 мин).

**Безусловные рефлексy** - врожденные рефлексy, обеспечивают первое приспособление организма к среде; они стабильные, видовые. К сложным безусловным рефлексам относятся инстинкты.

**Брадикардия** - замедление по сравнению с нормой частоты сердечных сокращений. Отмечается у спортсменов, особенно тренирующихся на выносливость. Явление, связанное с гипертрофией миокарда, выражающееся в экономизации работы сердца.

**Буферные системы крови** - комплекс химических соединений, обеспечивающий постоянство рН крови. Буферные системы препятствуют сдвигу рН крови.

**Вегетативная нервная система** - периферическая нервная система, иннервирующая все внутренние органы, кровеносные сосуды и железы.

**Вентиляция легких или внешнее дыхание** - обмен воздуха между внешней средой, и альвеолами легких.

**Внутренняя среда** - среда, в которой осуществляется жизнедеятельность клеток организма (кровь, лимфа, тканевая редкость).

**Восстановление** – совокупность обратных работе изменений в деятельности функциональных систем организма, направленных на восстановление работоспособности. Этот период характерен удалением продуктов рабочего метаболизма и восполнением энергетических запасов, ферментов, пластических веществ.

**Врабатывание** – совокупность изменений в деятельности функциональных систем организма, обеспечивающих постепенное повышение работоспособности организма, или адаптация организма к более высокому уровню деятельности.

**Время рефлексy** - латентный период рефлексy, интервал времени от момента нанесения раздражения до начала видимой ответной реакции.

**Газообмен в легких** - обмен газов между корью и альвеолами легких.

**Газообмен в тканях** - обмен газов между кровью и тканями.

**Гиперкапния** - насыщение крови углекислым газом.

**Гипертония** - стойкое повышение кровяного давления.



**Гипертрофия миофибриллярная** - увеличение числа и объема (плотности укладки) миофибрилл в саркомерах (развивается в основном при выполнении скоростно-силовых упражнений).

**Гипертрофия мышц рабочая** – увеличение мышечного поперечника в результате физической тренировки. Различают два типа – миофибриллярный и саркоплазматический.

**Гипертрофия саркоплазматическая** – утолщение мышечных волокон за счет увеличения объема саркоплазмы, т.е. повышение содержания в саркоплазме белков, гликогена, миоглобина, креатин-фосфата (упражнения на выносливость).

**Гипоксия** – недостаток, снижение кислорода в крови, тканях.

**Гликоген** – животный крахмал, образующийся в печени и отчасти в мышцах из глюкозы; расходуется при физической работе и по мере убыли сахара.

**Гликолиз** – распад углеводов в организме; может происходить путем как бескислородного расщепления (анаэробный гликолиз), так и окисления (аэробный гликолиз).

**Гомеостаз** - поддержание постоянства внутренней среды и функций организма (температуры тела, активной реакции крови и т. п.).

**Горная акклиматизация** – совокупность специфических физиологических приспособлений, которые возникают в процессе более или менее длительного пребывания на высоте.

**Давление диастолическое (ДД)** - наименьший уровень давления, который отмечается в артериях в период диастолы.

**Давление систолическое (СД)** - давление, которое отмечается в артериях в период систолы.

**Двигательная единица** - мотонейрон, его аксон и мышечные волокна, иннервируемые этим аксоном, а так же синапсы концевых веточек аксона.

**Двигательная память** – программы координированного управления мышцами, связанные с техникой выполнения различных физических упражнений.

**Динамический стереотип** - тонкая структура координации функций организма, при действии раздражителей в определенном порядке, стереотипной последовательностью.

**Диссимиляция** – разрушение живой материи, распад, расщепление веществ, входящих в состав клеточных структур, вследствие чего в организме высвобождается энергия и образуются продукты распада.

**Диффузия газов** - проникновение газов через альвеолярную мембрану или стенки капилляров; обусловлена разностью парциальных давлений газов по обеим сторонам мембраны.

**Дыхание** - совокупность процессов, в результате которых происходит потребление организмом кислорода и выделение углекислого газа.

**Дыхательный объем (ДО)** - объем воздуха, вдыхаемый и выдыхаемый при одном спокойном вдохе, выдохе.

**Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)** - максимальный объем воздуха, который человек способен выдохнуть при максимальном выдохе после максимального вдоха.

**Жиры** – сложные эфиры высших кислот и глицерина. Выполняют энергетическую, транспортную, защитную и пластическую функции в организме. При расщеплении 1 г жира выделяется 9,3 ккал. Нормы потребления – 70-100 г/сут.

**Зоны относительной физиологической мощности (по В.С. Фарфелю)** – Классификационная характеристика циклических видов спортивной деятельности. В основе положена зависимость между мощностью работы и длительностью ее выполнения. Или, чем больше физиологическая нагрузка на организм человека, тем меньше предельное время ее выполнения. Различают зону максимальной мощности (предельное время работы до 40 сек), субмаксимальной (до 5 мин), большой (до 40 мин) и умеренной (до 2 ч и более).

**Интенсивность тренировочных нагрузок** – один из основных параметров, задаваемых при физической работе (высокая, средняя, низкая). Физиологической оценкой интенсивности нагрузок являются: скорость потребления кислорода в л/мин или в % от МПК, ЧСС, АД, МОД, ЧД, МОК, СО и т. п.

**Калориметрия** – метод исследования энергетических затрат организма. Прямая – с помощью специальных камер; непрямая – по определению величины ДК (дыхательного коэффициента) и алиментарная (по количеству принятой пищи – белков, жиров, углеводов).

**Калорический эквивалент кислорода** - то количество энергии, которое освобождается при использовании 1 л  $O_2$  для окисления субстрата (белки – 4,60 ккал, жиры – 4,69 ккал, углеводы – 5,05 ккал).

**Кислородная емкость крови** - максимальное количество кислорода, которое может быть связано в 100 мл крови.

**Кислородный дефицит** – несоответствие между потребностями организма в кислороде и их реальным удовлетворением в период работы.

**Кислородный долг** – избыточное потребление кислорода в восстановительный период сверх предрабочего уровня покоя.

**Композиция мышц** – процентное соотношение быстрых и медленных мышечных волокон, составляющих данную мышцу. Внутри быстрых волокон выделяют два типа: быстрые окислительные и быстрые гликолитические. Медленные волокна приспособлены к длительным, не сильным повторным сокращениям с аэробным типом энергообеспечения (выносливость), быстрые – фазные, обеспечивают быстрые и мощные сокращения (скоростно-силовой тип).

**Константы биологические** - количественные показатели, характеризующие нормальное состояние организма.

**Лабильность или функциональная подвижность** - скорость протекания процессов возбуждения; мерой лабильности является

максимальное количество циклов возбуждения, воспроизводимых образованием в единицу времени.

**Лейкоциты** – белые кровяные тельца. 5-8 тыс. в 1 мм<sup>3</sup> крови. Важнейшая функция – защитная. Длительность жизни от 1 до 15 дней. Неоднородны по своему строению: одни имеют зернистое строение (гранулоциты), а в других зернистости нет (агнорулоциты).

**Лимфа** - бесцветная жидкость, вместе с кровью и межтканевой жидкостью составляет внутреннюю среду организма. Содержит в 3-4 раза меньше белков чем кровь, способна свертываться, содержит лейкоциты. Главная функции – защитная и транспорт жиров.

**Максимальная сила мышц (МС)** – сила, проявляемая в условиях изометрического сокращения. Характеризуется максимальным напряжением, которое может развить мышца. МС зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу и от их толщины. Основные условия развития максимального напряжения: 1) активация для всех мышечных волокон данной мышцы; 2) режим полного тетануса; 3) сокращение мышцы при «длине покоя».

**Максимальная произвольная сила мышц (МПС)** – сила, проявляемая при произвольном развитии усилия, стремлении максимально сократить необходимую мышцу. МПС зависит от: 1) поперечника мышцы; 2) длины мышцы; 4) композиции мышц; 5) механических условий действия мышечной тяги – плечо рычага, угол приложения; 6) эмоциональных и гормональных факторов.

**Максимальное потребление кислорода (МПК)** – характеризует максимальную скорость потребления кислорода; является показателем аэробных возможностей организма; чем выше МПК, тем больше аэробные возможности организма. Абсолютный показатель МПК (л/мин) в среднем он равен 3-3,5 л/мин, у выносливых бегунов-стайеров – 5-6 л/мин. Относительные показатели МПК (мл/кг·мин), находится в обратной зависимости от веса тела. Уровень МПК зависит от максимальных возможностей систем крови, кровообращения, дыхания и мышечной системы.

**Максимальный кислородный долг (МКД)** – максимальное количество потребленного кислорода в восстановительный период сверх уровня покоя: характеризует анаэробную производительность организма; способность выполнять более мощную работу при анаэробных условиях.

**Медиаторы** - химические вещества, участвующие в передаче возбуждения (торможения) с нерва на эффектор.

**Метаболизм** – обмен веществ.

**Минутный объем дыхания (МОД)** или минутная вентиляция легких (МВЛ) - объем воздуха, который проходит через легкие за минуту; зависит от частоты и глубины дыхания.

**Минутный объем кровотока (МОК)** или **сердечный выброс (СВ)** - объем крови, выбрасываемый каждым желудочком в течение 1 мин.  $МОК =$

$CO \times ЧСС$ ; где МОК - минутный объем крови, СО - систолический объем, ЧСС - частота сокращений.

**Миоглобин** – вещество, аналогичное по строению гемоглобину. Глобин с меньшим молекулярным весом. Содержится в скелетных и сердечной мышце. Связывает до 14 % общего количества  $O_2$  в организме. Запас  $O_2$  на случай плохого кровоснабжения мышцы.

**Миофибриллы** - сократительный аппарат мышечного волокна, состоящий из толстых и тонких миофиламентов.

**Мощность работы** – количество работы в единицу времени. Определяется в ваттах, кгМ/мин, Джоулях.

**Мощность физиологическая** – совокупность реакции организма на данную физическую нагрузку. Определяется величиной – ЧСС, ЧД, АД, скоростью потребления кислорода и т.п.

**Мощность энергетическая** – количество энергии, расходуемое в среднем за единицу времени при выполнении данного упражнения. Определяется в ккал/мин, кДж/мин, ваттах, количеством потребленного кислорода.

**Нейрон** - основная структурно-функциональная единица нервной системы. Нервная клетка.

**Нервные центры** - совокупность нервных клеток, необходимых для осуществления какой-либо функции.

**Обмен общий или валовый** – количество энергии, расходуемой в целом, в условиях обычного существования организма или во время выполнения физических упражнений.

**Обратимость тренировочных эффектов** – свойство тренировочных эффектов, проявляющееся в том, что они постепенно уменьшаются при снижении тренировочных нагрузок или вообще исчезают (растренированность), а после повышения (возобновления) тренировочных нагрузок вновь возникают тренировочные эффекты.

**Обратная афферентная связь** - поток импульсов от рабочего органа по афферентным путям к центрам управления, осуществляющий контроль за выполняемым в данный момент действием.

**Оксигемоглобин** - соединение гемоглобина с кислородом.

**Организм** - саморегулирующаяся, самостоятельно существующая единица органического мира, реагирующая как единое целое на различные изменения условий существования.

**Остаточный объём (ОО)** - объем воздуха, который остается в легких даже после самого глубокого выдоха.

**Относительная рабочая ЧСС** – выраженное в процентах отношение ЧСС во время нагрузки, т. е. рабочей ЧСС к максимальной для данного человека  $ЧСС_{max}$ .

**Относительная сила мышцы** – отношение максимальной силы мышцы к ее анатомическому поперечнику; измеряется в  $кг/см^2$ .

**Парасимпатическая нервная система** - отдел вегетативной нервной системы, преганглионарные волокна которой, выходят из головного мозга и крестцового отдела спинного мозга.

**Плазма** – жидкая часть крови, составляет 55-60 % объема крови (у женщин 46,8 %, у мужчин - 37-46 %). Состав: 90-92 % - H<sub>2</sub>O, 8-10 % - сухое вещество (органические и неорганические вещества). Функция – транспорт CO<sub>2</sub>, веществ, выработка антител.

**Пороговая тренирующая нагрузка** – нагрузка, соответствующая текущим функциональным возможностям конкретного человека (способность переносить нагрузку) и вызывающая тренировочный эффект.

**Предстартовое состояние** – функциональные изменения в деятельности различных систем организма, предшествующие началу работы: по природе – условно-рефлекторные реакции.

**Принципы обучения спортивной технике** - важнейшие условия обучения спортивной техники: 1) принцип постепенного усложнения техники движений; 2) принцип многократного систематического повторения упражнений; 3) принцип разносторонней технической подготовки; 4) принцип индивидуализации обучения.

**Пульс** - ритмические колебания сосудистой стенки, обусловленные систолическим повышением давления в артериях.

**Раздражитель** - любой агент внешней или внутренней среды, способный при действии на живую ткань вызвать специфическую ответную реакцию.

**Рефлекс** - ответная реакция организма на изменения внешней или внутренней среды, осуществляемая при участии центральной нервной системы.

**Симпатическая нервная система** - отдел вегетативной нервной системы. Первые нейроны расположены в спинном мозге на уровне грудных и поясничных сегментов, а вторые - в спинномозговых ганглиях и около позвоночника.

**Синапс** – структурное образование, обеспечивающее передачу возбуждения с одной нервной клетки на другую или с нервного волокна на эффектор. Места контакта нейрона с другим нейроном или с эффектором.

**Систолический (СО) или ударный объем (УО)** - количество крови, выбрасываемое каждым из желудочков сердца при одном сокращении.

**Специфический тренировочный эффект (специфическая адаптация)** – совокупность физиологических адаптивных изменений обеспечивающих наибольшее повышение спортивного результата в тренируемом упражнении и экономичности его выполнения.

**Спирометр** - аппарат для измерения жизненной емкости легких.

**Тахикардия** - учащение ритма сердечных сокращений.

**Типы нервной деятельности** - в основу классификации положено три функциональных свойства процессов возбуждения и торможения: сила, уравновешенность, подвижность.

**Торможение** - активный процесс, проявляющийся в ослаблении или временном прекращении функциональных отправления.

**Тремор утомления** – нарушение нормальной регуляции деятельности двигательных единиц, теряется связь во времени активности разных двигательных единиц. В результате движение теряет плавность, нарушается его точность, отмечается большое размахистое дрожательное движение с частотой около 6 колебаний в секунду.

**Тренированность** – уровень физической работоспособности достигнутый в процессе систематических тренировочных воздействий на организм. Способность проявлять высокую специальную работоспособность.

**Тренируемость** – свойство организма изменять свои функциональные возможности под влиянием систематической тренировки. Количественно тренируемость (степень тренируемости) может оцениваться величиной тренировочных эффектов – чем больше – тем выше тренируемость.

**Тромбоциты** - кровяные пластинки, не имеющие ядра. В среднем у детей - 150 тыс. а у взрослых - 200-400 тыс. в 1 мл<sup>3</sup> крови. Участвуют в процессе свертывания крови. Образуются в красном костном мозге, живут 2-4 дня.

**Условные рефлексы** - форма приспособления организма к условиям внешней и внутренней среды; приобретенные, не постоянны, индивидуальны.

**Утомление** – временное снижение работоспособности, вызванное выполнением физических упражнений и характеризующееся субъективным ощущением усталости. В отношении данного определения следует различать два понятия: а) механизмы утомления; б) локализация утомления.

**Физиология спортивная** - отрасль физиологии человека, изучающая особенности процессов жизнедеятельности организма человека при занятиях физической культурой и спортом.

**Физиология человека** - наука, изучающая процессы жизнедеятельности человеческого организма во взаимодействии с условиями внешней среды.

**Функциональный эффект тренировки** – усиление максимальных функциональных возможностей организма в целом или ведущих систем, обеспечивающих выполнение тренируемого упражнения, выражающийся в увеличении физических качеств, а также в повышении эффективности (экономичности) выполнения тренируемого вида мышечной деятельности.

**ЧСС пиковая** – это наибольшая ЧСС (интенсивность), которая может быть достигнута, но не должна быть превышена в процессе тренировки.

**ЧСС пороговая** – это наименьшая ЧСС (интенсивность), ниже которой не возникает тренировочного эффекта (носит восстанавливающий эффект).

**Экстраполяция** - способность нервной системы в новых условиях адекватно реагировать на изменения на основании предшествующего наследственного или индивидуально приобретенного опыта.

**Электрокардиография (ЭКГ)** - запись электрической активности сердечной мышцы при помощи специальных усилительных устройств.

**Электроэнцефалография (ЭЭГ)** - запись биопотенциалов мозга, регистрация изменений функционального состояния коры. В электроэнцефалограмме отражаются особенности взаимодействия корковых нейронов в покое, умственной и физической работе.

**Энергетическая мощность** – количество энергии, расходуемое в среднем за единицу времени при выполнении упражнения или какого-либо действия. Измеряется в Ваттах, кал/мин, по скорости потребления кислорода.

**Эритроциты** - красные кровяные тельца. Функции – перенос газов, участвуют в свертывании крови. Количество взрослого 4,5-5 млн. в 1 мм<sup>3</sup>. Продолжительность жизни 100 суток.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян, н. А. Биоритмы, среда обитания, здоровье: монография / Н.А. Агаджанян, и. В. Радыш. – М. : РУДН, 2013. – 362 с.
2. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов: монография / З.Б. Белоцерковский. – 2-е изд., доп. – М. : сов. Спорт, 2009. – 348 с.
3. Капилевич, Л.В. Физиология спорта: учебное пособие / Л.В. Капилевич. – Томск: изд-во томского политехнического университета, 2011. – 142 с.
4. Караулова Л.К. Физиология физического воспитания и спорта: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования / Л.К. Караулова, Н.А. Красноперова, М.М. Расулов. - М.: Академия, 2012. – 304с.
5. Солодков А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб - Изд. 7-е. - М.: Терра-спорт, 2017. -620с.
6. Фарфель, В. С. Управление движениями в спорте / В. С. Фарфель. – 2-е изд., стер. – М. : Сов. Спорт, 2011. – 202 с.
7. Физиология человека: учебник для вузов физ.культуры и фак-ов физ.воспитания / под общ.ред. В.И.Тхоревского. М.: Физкультура и спорт, 2001. - 492с.