

Спортивная физиология

Лекция № 11

Лекция №12

План

1. Спортивная физиология как прикладная наука, ее задачи, связь с другими науками.
2. Физиологические принципы классификации физических упражнений.
3. Энергетика мышечных сокращений.
4. Двигательные единицы.
5. Адаптация к физическим нагрузкам.
6. Предстартовые состояния.
7. Физиологические механизмы утомления и восстановления спортсменов

Спортивная физиология — 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 (**Солодков А. С, Сологуб Е. Б., 2005**)

Цель и задачи спортивной физиологии

- **Дать количественную характеристику физиологических параметров отдельных систем организма при спортивной деятельности**
- **Изучить механизмы развития основных двигательных (физических) качеств человека (сила, быстрота, выносливость)**
- **Дать представление о физиологической адаптации организма к физическим нагрузкам, развитию высоких функциональных возможностей организма**
- **Расширить представления о физиологических реакциях организма при спортивной деятельности в различных условиях внешней среды**
- **Изучить особенности адаптации к физическим нагрузкам мужского и женского организма, лиц разного возраста (детство, юношество, зрелый и пожилой возраст)**

Современные направления спортивной физиологии

- **Питание**, как основа жизнедеятельности человека (оптимальное питание при спортивной деятельности),
- **Энергетический обмен** при физической активности (индивидуальные особенности энергообеспечения)
- **Системы энергообеспечения** расхода энергии (дыхание, кровообращение, мышцы, нейроэндокринная система)
- **Условия окружающей среды** (средне-высокогорье, температурный стресс, подводное погружение, микрогравитация) и физическая активность
- **Состав тела**, энергетический баланс и контроль массы тела
- **Здоровое старение, профилактика заболеваний и физическая активность**
- **Молекулярная биология** и спортивная физиология (генетические основы энергетического обмена в организме, белковый синтез, анализ структуры мышечных клеток, изучение систем транспорта глюкозы,)



Общая
физио
логия
челове
ка

Биоло
гия

Биохи
мия

Спорт
ивная
физио
логия

Теория
и
метод
ика
ФК

Анато
мия и
гистол
огия

- Спортивная физиология занимает важное место в теории физической культуры, составляя фундамент знаний, необходимых тренеру и преподавателю для достижения высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов.
- Тренер и педагог должны хорошо знать о физиологических процессах, происходящих в организме спортсмена во время тренировочной и соревновательной деятельности с тем, чтобы избежать переутомления и перенапряжения и не причинить вреда здоровью тренирующихся.

Принципы классификаций физических упражнений в спортивной физиологии

- Физические упражнения — это двигательная деятельность, с помощью которой решаются задачи физического воспитания — образовательная, воспитательная и оздоровительная.
- Физические упражнения чрезвычайно многообразны. Для их классификации невозможно применить один единственный критерий.

СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

(по В. С. Фарфелю, 1970)

- **ПОЗЫ:**

- • Лежание
- • Сидение
- • Стояние
- • Опора на руки

- **ДВИЖЕНИЯ:**

- I. **Стереотипные (стандартные) движения**
- II. **Ситуационные (нестандартные) движения**

I. Стереотипные (стандартные) движения

- Качественного значения (с оценкой в баллах)
- Количественного значения (с оценкой в килограммах, метрах, секундах)
- По кинематике движения различают:
 - **циклические упражнения** (многократное повторение стереотипных движений, постоянные структура и мощность)
- **По мощности:** легкие , умеренные, тяжелые, очень тяжелые
 - **ациклические упражнения** (изменение на протяжении упражнения характера двигательной активности и мощности)
- **По силе и мощности сокращений:** силовые, скоростно-силовые (высокая сила и скорость сокращения) и на выносливость (длительные, небольшие по силе и скорости)

II. Ситуационные (нестандартные) движения

- • Спортивные игры
- • Единоборства
- • Кроссы

Общая физиологическая классификация физических упражнений

1. По объему включенной в работу мышечной массы: локальные ($<1/3$), региональные ($1/3 - 1/2$) и глобальные упражнения ($>1/2$)
2. По типу сокращений: статические и динамические

Физиологическая классификация циклических упражнений (синтетическая, по В.С. Фарфелю, 1937)

Анаэробные

- 1) максимальной мощности
- 2) околомаксимальной мощности
- 3) субмаксимальной мощности

Аэробные

- 1) максимальной мощности
- 2) околомаксимальной мощности
- 3) субмаксимальной мощности
- 4) средней мощности
- 5) малой мощности

ЭНЕРГЕТИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

- При работе мышц, химическая энергия превращается в механическую, т. е. мышца является химическим двигателем, а не тепловым. Для процессов сокращения и расслабления мышц потребляется энергия АТФ.
- Расщепление АТФ с отсоединением одной молекулы фосфата и образованием аденозиндифосфата (АДФ) сопровождается выделением 10 ккал энергии на 1 моль. Однако запасы АТФ в мышцах невелики
- Для продолжения работы требуется постоянное восполнение запасов АТФ.

Восстановление АТФ происходит:

- **в анаэробных условиях** — за счет распада креатинфосфата (КрФ) и глюкозы (реакции гликолиза) – это система называется как фосфагенная энергетическая система или система АТФ-КрФ, **гликолитическая (или лактацидная) система**
- **в аэробных условиях** — за счет реакций окисления жиров и углеводов – это система называется как **окислительная (или кислородная) система.**

Анаэробный механизм энергообразования

- **Быстрое** восстановление АТФ происходит в тысячные доли секунды за счет распада КрФ. $\text{АДФ} + \text{КрФ} = \text{АТФ} + \text{Кр}$. Наибольшей эффективности этот путь энергообразования достигает к 5-6-й секунде работы, но затем запасы КрФ исчерпываются.
- **Медленное** восстановление АТФ в анаэробных условиях обеспечивается энергией расщепления глюкозы (выделяемой из гликогена) —реакцией гликолиза с образованием в конечном итоге молочной кислоты (лактата) и восстановлением 3 молекул АТФ. Эта реакция достигает наибольшей мощности к концу 1-й минуты работы.

- Анаэробный путь энергообразования имеет место при высокой мощности работы, которая продолжается от 20 с до 1 -2 мин (например, при беге на средние дистанции, подъем штанги), и при недостатке кислорода во время выполнения статической работы.
- Какие питательные вещества предпочтительно употреблять спортсмену перед соревнованием?.....

Аэробный механизм энергообразования

- Гликоген может распадаться не только на молочную кислоту (лактат), имеется также возможность окислить гликоген при участии кислорода (O_2). При этом наряду с энергией выделяются вода (H_2O) и углекислый газ (CO_2).
- $ГЛИКОГЕН + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2 + АТФ$
- Этот процесс сгорания углеводов при участии кислорода называется аэробным путем получения энергии. При этом один моль глюкозы поставляет 39 молей АТФ.
- Окисление гликогена с участием кислорода почти в 13 раз эффективнее, чем его расщепление без кислорода.

- При интенсивных нагрузках продолжительностью около 5 мин 50% энергии производится посредством анаэробного и 50%-посредством аэробного обмена веществ.
- Если длительность интенсивной нагрузки менее 5 мин, то в этом случае большее значение приобретают анаэробные процессы; если нагрузка продолжается более 5 мин, то в преобразовании энергии неизбежно повышается доля аэробного обмена веществ.
- Относительно высокая доля анаэробных процессов приводит к высокому содержанию лактата в крови (15-25 ммоль/л). В этих условиях мышце начинает не хватать своих собственных энергетических ресурсов. Гликоген печени в виде глюкозы с кровью доставляется к мышце и способствует покрытию энергетического дефицита.

Факторы кислородного обеспечения тканей

Доставка кислорода достигает необходимого уровня после достаточного развертывания функций кислородных транспортных систем организма :

- газообмен в легких (ЖЕЛ, диффузионная способность, PO_2)
- кислородная емкость крови (Э., Нв, PO_2)
- транспорт в системе кровообращения (кровь, УО, МОК, АД)
- утилизация кислорода в клетках (PO_2 , ферменты)

- Важным показателем мощности аэробных процессов является предельная величина поступления в организм кислорода за 1 мин — максимальное потребление кислорода (МПК).
- Эта величина зависит от индивидуальных возможностей каждого человека. У нетренированных лиц в 1 мин поступает к работающим мышцам около 2.5-3 л O₂, а у высококвалифицированных спортсменов — лыжников, пловцов, бегунов-стайеров и др. достигает 5-6 л и даже 7л в 1 мин.

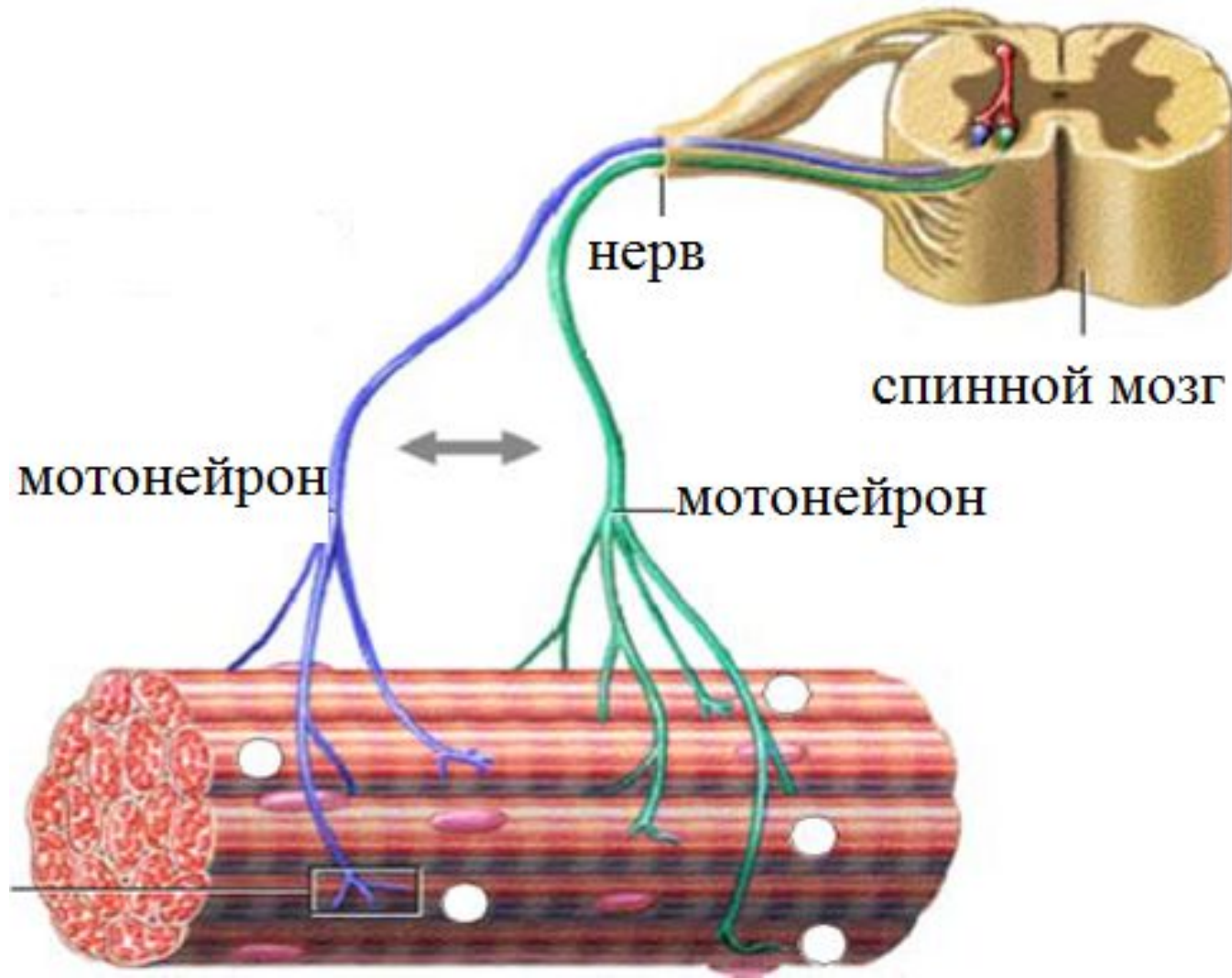
- Количество кислорода, которое необходимо организму, чтобы полностью удовлетворить энергетические потребности за счет аэробных процессов, называется **кислородным запросом** работы.
- При интенсивной работе реальное потребление кислорода — **кислородный приход** — составляет только часть кислородного запроса.
- Разность между кислородным запросом работы и реально потребляемым кислородом составляет **кислородный дефицит** организма.
- Повышенное потребление кислорода по окончании работы называется **кислородным долгом**

4. Соотношение аэробного и анаэробного ресинтеза АТФ на разных этапах выполнения работы

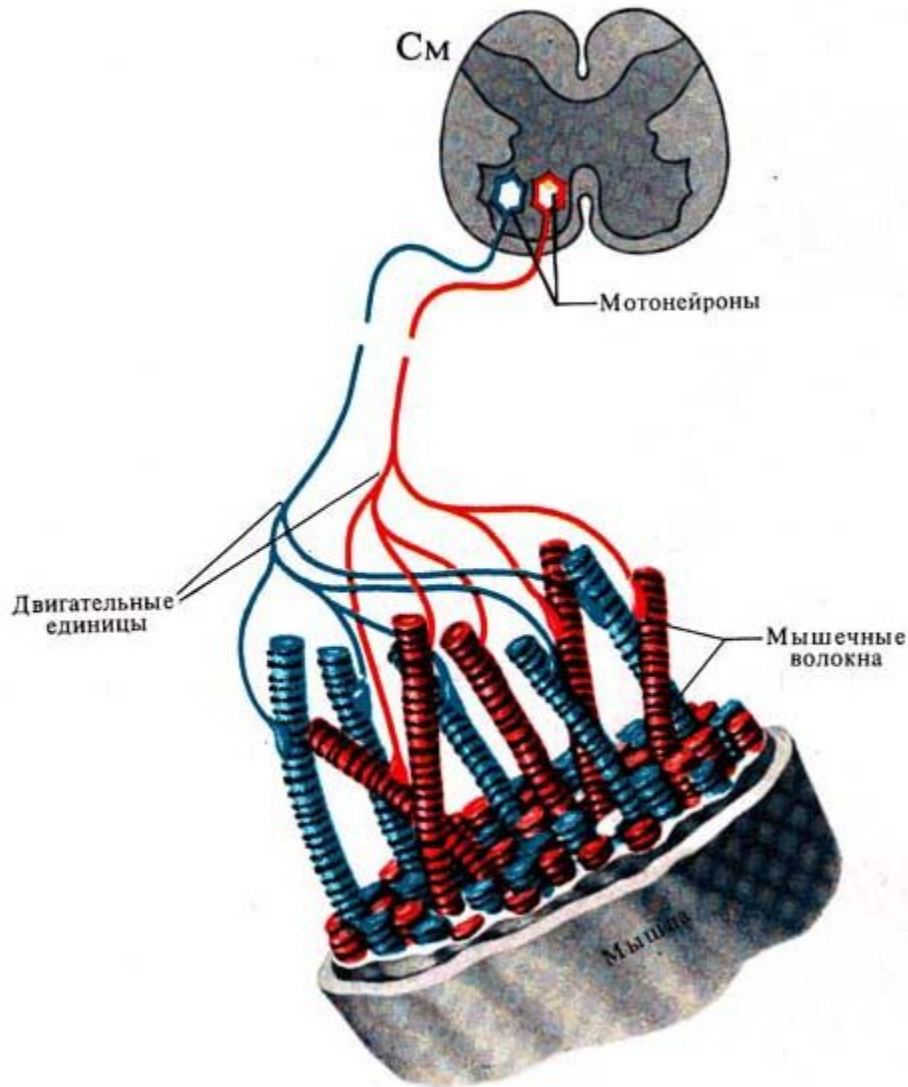
1. С началом работы и в первые секунды ее выполнения преобладает ресинтез АТФ в **креатинфосфокиназной реакции** (анаэробный алактатный путь).
2. **Анаэробный гликолиз** наибольшей мощности достигает в интервале времени работы от 20 с до 2,5 мин.
3. При накоплении лактата и усилении доставки кислорода к мышцам на 2-3-й минуте работы роль основного поставщика энергии принимает на себя **аэробный процесс** (в митохондриях клеток).

Двигательная единица –

совокупность мышечных волокон, иннервируемых разветвлениями одного мотонейрона.



Виды двигательных единиц:



- 1. медленные, малоутомляемые (красные волокна)
- 2. быстрые, легко утомляемые (белые волокна)
- 3. быстрые, устойчивые к утомлению.

Функциональные особенности медленных малоутомляемых ДЕ (красные волокна)

- 1. Иннервируются высоко возбудимыми амотонейронами с низкой скоростью проведения возбуждения по аксону
- 2. Количество мышечных волокон в ДЕ небольшое, и развивают меньшую силу сокращения.
- 3. Имеют низкую активность миозиновой АТФ-азы и низкую скорость сокращения.

- 4. Имеют хорошее кровоснабжение, много митохондрий, миоглобина, высокий аэробный обмен, поэтому обладают низкой утомляемостью. Способны выполнять длительную маломощную работу.
- 5. В регуляции движения обеспечивают мышечный тонус и позу, а также способность к длительной циклической работе - бег, плавание и др. (например у марафонцев их количество в мышцах достигает 85%).



Функциональные особенности быстрых легко утомляемых ДЕ (белые волокна)

- 1. Иннервируются крупными, менее возбудимыми α -мотонейронами с высокой скоростью проведения ПД по аксону.
- 2. Количество мышечных волокон в ДЕ сравнительно больше, и они развивают большую силу сокращения.
- 3. Имеют высокую активность миозиновой АТФ-азы и развивают высокую скорость сокращения.

(Функциональные особенности быстрых ДЕ)

- 4. Имеют слаборазвитую капиллярную сеть, мало митохондрий, миоглобина, но содержат много гликолитических ферментов, большой запас креатинфосфата и гликогена, анаэробный тип энергообеспечения.
- 5. Способны развивать большую мощность, но быстро утомляются.
- 6. В регуляции движения обеспечивают - перемещение организма в пространстве с большой скоростью и мощностью (например, у спринтеров и прыгунов количество быстрых ДЕ в мышцах достигает 90%).

Функциональные особенности *быстрых, устойчивых к утомлению ДЕ.*

- По структурно-функциональным свойствам занимают среднее положение между медленными и быстрыми ДЕ
- Вероятно, используются в быстрых ритмических движениях (ходьба, бег).

АДАПТАЦИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И РЕЗЕРВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА

- Большая Советская Энциклопедия:
«Адаптация — совокупность физиологических реакций, лежащая в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленная к сохранению относительного постоянства его внутренней среды — гомеостаза»
- В спорте организм приспособливается к физическим нагрузкам
- Адаптация зависит от индивидуальных особенностей организма

Стадии адаптации

- Канадский ученый Ганс Селье (1960) ввел понятие «общего адаптационного синдрома» -совокупность защитных реакций организма человека или животных, возникающих в условиях стрессовых ситуаций
- Ганс Селье выделил 3 стадии:
- Тревоги - мобилизация защитных сил организма
- Резистентности - приспособление человека к экстремальным факторам среды
- Истощения -при длительном стрессе, может привести к возникновению заболеваний и даже смерти

В динамике адаптационных изменений у спортсменов выделяют четыре стадии:

- физиологического напряжения,
- адаптированности,
- дизадаптации,
- реадаптации.

Стадия физиологического напряжения организма

- характеризуется преобладанием процессов возбуждения в коре головного мозга 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 - увеличение числа активных мышечных волокон, увеличение силы и скорости сокращения мышц, увеличение в мышцах гликогена, АТФ и креатинфосфата.
- Спортивная работоспособность — неустойчива.

Стадия адаптированности организма

- Возникает тренированность или адаптация к физическим нагрузкам
- Определяемые в это время функциональные сдвиги не выходят за рамки физиологических колебаний, а работоспособность спортсменов стабильна и даже повышается.

Стадия дизадаптации организма

- развивается в результате перенапряжения адаптационных механизмов вследствие интенсивных тренировочных нагрузок и недостаточного отдыха между ними. В результате функциональное состояние организма выводит за пределы физиологических резервов организма.
- наблюдаются эмоциональная и вегетативная неустойчивость, раздражительность, вспыльчивость, головные боли, нарушение сна., снижается умственная и физическая работоспособность.
- Конечный исход дизадаптационных расстройств может протекать с достаточной еще способностью к восстановлению работоспособности, что чаще всего и наблюдается у спортсменов.

Стадия реадaptации

- возникает после длительного перерыва в систематических тренировках или их прекращении совсем и характеризуется снижением уровня тренированности и возвращение некоторых показателей к исходным величинам.
- Следует иметь в виду, что возникшие в процессе длительных и интенсивных физических нагрузок структурные изменения в миокарде и скелетных мышцах, нарушенный уровень обмена веществ, гормональные и ферментативные перестройки, своеобразно закрепленные механизмы регуляции к исходным значениям, как правило, не возвращаются.
- За систематические чрезмерные физические нагрузки, а затем за их прекращение организм спортсменов в дальнейшем платит определенную биологическую цену, что может проявляться развитием кардиосклероза, ожирением, снижением резистентности клеток и тканей к различным неблагоприятным воздействиям и повышением уровня общей заболеваемости.

Физиологические резервы организма

это- выработанные в процессе эволюции адаптационные и компенсаторные способности организма усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием относительного покоя (Бресткин М. П., 1968).

- Обеспечиваются (например):
- наличием парных органов, которые замещают нарушенные функции (анализаторы, почки и др.);
- усилением деятельности сердца, увеличением кровотока, легочной вентиляции;
- высокой резистентностью клеток организма к различным внешним и внутренним воздействиям

ПРЕДСТАРТОВЫЕ СОСТОЯНИЯ

- возникают задолго до выступления, за несколько дней и недель до ответственных стартов. Возникает мысленная настройка на соревнование, повышенная мотивация, растет двигательная активность во время сна, повышается обмен веществ, увеличивается мышечная сила, в крови повышается содержание гормонов, эритроцитов и гемоглобина.
- Эти проявления усиливаются за несколько часов до старта и еще более за несколько минут перед началом работы, когда возникает собственно стартовое состояние.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРЕДСТАРТОВЫХ СОСТОЯНИЙ

- Предстартовые состояния возникают по механизму условных рефлексов (вид стадиона, спортивного зала, наличие соперников, спортивная форма и др.).
- В мозгу человека перед выполнением какого-либо произвольного действия появляются определенные сдвиги. Возникает замысел и план предстоящего действия.
- Все эти изменения отражают подготовку мозга к предстоящему действию и вызывают сопутствующие вегетативные сдвиги и изменения моторной системы

Различают предстартовые изменения двух видов —

- **неспецифические** (при любой работе):
 - боевая готовность,
 - предстартовая лихорадка
 - предстартовая апатия.
- **специфические** (связанные со спецификой предстоящих упражнений, т.е. в КГМ формируется программа действий)

- **Боевая готовность** обеспечивает наилучший психологический настрой и функциональную подготовку спортсменов к работе: наблюдается повышенная возбудимость нервных центров и мышечных волокон, адекватная величина поступления глюкозы в кровь из печени, благоприятное превышение концентрации норадреналина над адреналином, оптимальный усиление частоты и глубины дыхания и частоты сердцебиений,
- **Предстартовая лихорадка** характеризуется повышенной возбудимостью мозга, что вызывает нарушение тонких механизмов межмышечной координации, излишние энерготраты. У спортсменов - повышенная нервозность, возникают фальстарты, а движения в быстром темпе приводят к истощению ресурсов организма.
- **Предстартовая апатия** характеризуется недостаточным уровнем возбудимости ЦНС, увеличением времени двигательной реакции, подавленностью и неуверенностью в своих силах спортсмена.

РЕГУЛЯЦИЯ ПРЕДСТАРТОВЫХ СОСТОЯНИЙ

- Чрезмерные предстартовые реакции снижаются у спортсменов по мере привыкания к соревновательным условиям.
- На формы проявления предстартовых реакций оказывает влияние тип нервной системы: у спортсменов с сильными уравновешенными нервными процессами — сангвиников и флегматиков чаще наблюдается боевая готовность, у холериков — предстартовая лихорадка; меланхолики в трудных ситуациях подвержены предстартовой апатии.

- Умение тренера провести необходимую беседу, переключить спортсмена на другой вид деятельности способствует оптимизации предстартовых состояний.
- Однако наибольшее воздействие оказывает правильно проведенная разминка. В случае предстартовой лихорадки необходимо проводить разминку в невысоком темпе. При апатии, наоборот, требуется проведение разминки в быстром темпе для повышения возбудимости в нервной и мышечной системах.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УТОМЛЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ

- С физиологической точки зрения утомление является функциональным состоянием организма, вызванным умственной или физической работой, при котором могут наблюдаться временное снижение работоспособности, изменение функций организма и появление субъективного ощущения усталости (Солодков А.С, 1978).

Локализация утомления

3 основные группы систем, обеспечивающих выполнение любого упражнения:

- 1) регулирующие системы – ЦНС, ВНС, ЖВС (ведущие в утомлении),
- 2) системы вегетативного обеспечения мышечной деятельности – дыхания, крови и кровообращения;
- 3) исполнительная система – двигательный (периферический нервно-мышечный) аппарат.

Три основных механизма мышечного утомления:

- 1) истощение энергетических ресурсов,
- 2) накопление продуктов распада энергетических веществ,
- 3) гипоксия в результате недостаточного поступления кислорода

При нагрузке различной мощности роль каждого из механизмов различна

Признаки утомления:

- ЦНС -ослабление условно-рефлекторных реакций, неравномерность сухожильных рефлексов
- С-С-С- тахикардией, гипер- или гипотензией
- Дыхание – учащение
- Кровь – снижение эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитоз

Восстановление

Восстановление – совокупность изменений, происходящих после окончания упражнений в деятельности тех функциональных систем, которые обеспечивали выполнение этих упражнений

Восстановительный период характеризуется:

- восполнением энергетических и пластических ресурсов (белки, жиры, углеводы),
- восполнением ферментных систем,
- Выделением (элиминацией) продуктов обмена, накопленных во время нагрузки

В период восстановления происходит
повышение функциональных
возможностей организма, т. е.
**положительный тренировочный
эффект**

Процессы восстановления разделены на три периода

- К первому (рабочему) периоду ***относят те восстановительные реакции, которые осуществляются уже в процессе самой мышечной работы (восстановление АТФ, креатинфосфата, переход гликогена в глюкозу и ресинтез глюкозы из продуктов ее распада - глюконеогенез).***
- ***Рабочее восстановление поддерживает нормальное функциональное состояние организма в процессе выполнения мышечной нагрузки.***

Второй (ранний) период восстановления наблюдается

- **непосредственно после окончания работы легкой и средней тяжести в течение нескольких десятков минут** и характеризуется восстановлением ряда уже названных показателей, а также нормализацией кислородной задолженности, гликогена, некоторых физиологических, биохимических и психофизиологических констант.

Раннее восстановление лимитируется главным образом **погашением кислородного долга**

Кислородный долг и восстановление энергетических запасов организма(1)

Кислородный долг – это избыточное pO_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

А. Хилл (1922)

Кислородный долг и восстановление энергетических запасов организма(2)

Быстрый (алактатный) компонент O₂-долга связан с восстановлением:

- фосфагенов в рабочих мышцах,
- нормального pO₂ венозной крови и
- насыщением миоглобина кислородом.

Кислородный долг и восстановление энергетических запасов организма (3)

Медленный (лактатный) компонент O_2 -долга связан с:

- 1) послерабочим устранением лактата из крови и тканевых жидкостей
 - окислительные реакции ресинтеза гликогена из лактата крови (в печени и почках) и
 - окисление лактата в сердечной и скелетных мышцах,

- 2) необходимостью поддерживать усиленную активность:
 - кардиореспираторной системы в период восстановления,
 - обмена веществ,
 - процессов, обусловленных повышенным тонусом СНС, гормональной системы, повышенной температурой тела.

Устранение молочной кислоты

Четыре основных пути устранения молочной кислоты:

- 1) окисление до CO_2 и H_2O (70% всего лактата);
- 2) превращение в гликоген мышц и печени, а также в глюкозу печени – около 20%;
- 3) превращение в белки (менее 10%);
- 4) удаление с мочой и потом (1-2%).

Аэробное преобразование (окисление) лактата происходит преимущественно в скелетных мышцах (особенно их медленных волокнах).

- поэтому легкая работа (медленные мышечные волокна) способствует быстрому устранению лактата после тяжелых нагрузок.
- после максимальной нагрузки для полного устранения лактата - 60-90 мин в условиях полного покоя (пассивное восстановление)

Третий (поздний) период **восстановления**

- **отмечается после длительной напряженной работы** (бег на марафонские дистанции, многокилометровые лыжные и велосипедные гонки) и **затягивается на несколько часов и даже суток.** В это время нормализуется большинство физиологических и биохимических показателей организма, удаляются продукты обмена веществ, восстанавливаются водно-солевой баланс, гормоны и ферменты. Эти процессы ускоряются правильным режимом тренировок и отдыха, рациональным питанием, применением комплекса медико-биологических, педагогических и психологических реабилитационных средств.

