

ФИЗИОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И СПОРТА

Спортивная физиология и физиология двигательной деятельности

изучает изменения функций организма и их механизмы под влиянием спортивной деятельности и обосновывает практические мероприятия по повышению ее эффективности

Проблемы спортивной физиологии и ФДД

- Физиологическое обоснование закономерностей укрепления здоровья

- Физиологическое обоснование мероприятий, направленных на достижение **высоких спортивных достижений**

Общая ФДД и спортивная физиология изучает:

- **Физиологические основы адаптации к физическим нагрузкам и резервные возможности организма**
- **Функциональные изменения и состояния организма при спортивной деятельности**
- **Физическую работоспособность спортсмена**
- **Физиологические основы утомления и восстановления в спорте**

Содержание частной спортивной физиологии и ФДД:

- Физиологическая классификация физических упражнений
- Механизмы и закономерности формирования и развития двигательных навыков
- Спортивная работоспособность в особых условиях внешней среды
- Физиологические особенности тренировки женщин и детей разного возраста
- Физиологические основы массовых форм оздоровительной физической культуры

Спортивная физиология и ФДД связаны с другими науками

Фундаментальны

е
науки:

- Биология
- Физиология
- Химия
- Физика

Взаимодействующие дисциплины:

- Анатомия
- Биохимия
- Биомеханика
- Психология
- Гигиена

Дисциплины:

- Теория и методика ФК и С
- Педагогика
- Спортивная медицина
- ЛФК

используют достижения и методики
спортивной физиологии

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ФИЗИОЛОГИИ СПОРТА

- **Изучение формирования и мобилизации функциональных резервов мозга.**
- **Разработка спортивной генетики (спортивный отбор).**
- **Спортивная биоритмология и психофизиология.**
- **Исследование патологических изменений в сердце спортсмена и их профилактика.**
- **Разработка экспресс-методов оценки функционального состояния спортсменов.**
- **Разработка минимальных объемов физических упражнений, обеспечивающих достаточный оздоровительный эффект.**

Методы исследования:

Наблюдение:

- изучение функций организма в естественных условиях спортивной деятельности во время движения (бассейн, стадион и др.)

Эксперимент:

- исследование функций организма в лабораторных условиях (дозирование нагрузок, непрерывная связь спортсмена с прибором и др.)

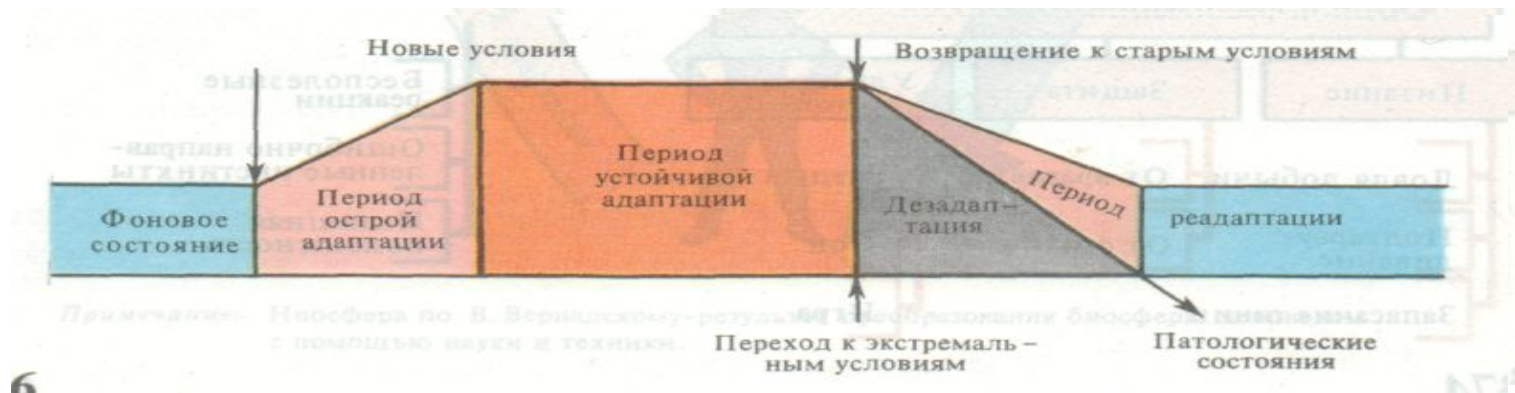
Адаптация (*от лат. adaptatio* – приспособление)

Адаптация (физиологическая) – совокупность физиологических реакций, лежащих в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленная к сохранению относительного постоянства его внутренней среды – гомеостаза.

(БСЭ)

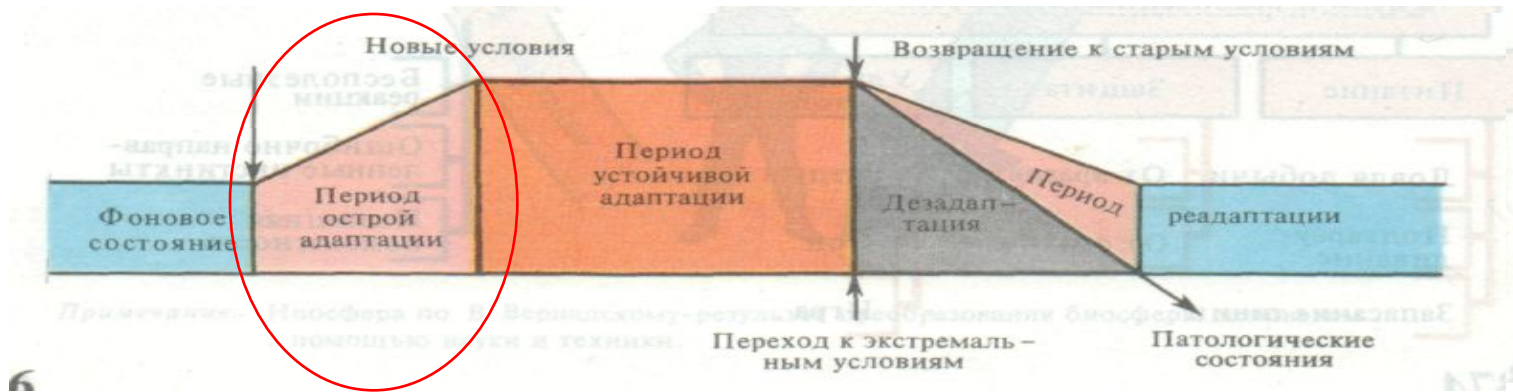
Стадии адаптации

(по А.Солодкову, Е.Сологуб (1974))



1. Преадаптация (физиологическое напряжение)
2. Устойчивая адаптация
3. Дезадаптация
4. Реадаптация

1. Преадаптация (физиологическое напряжение)



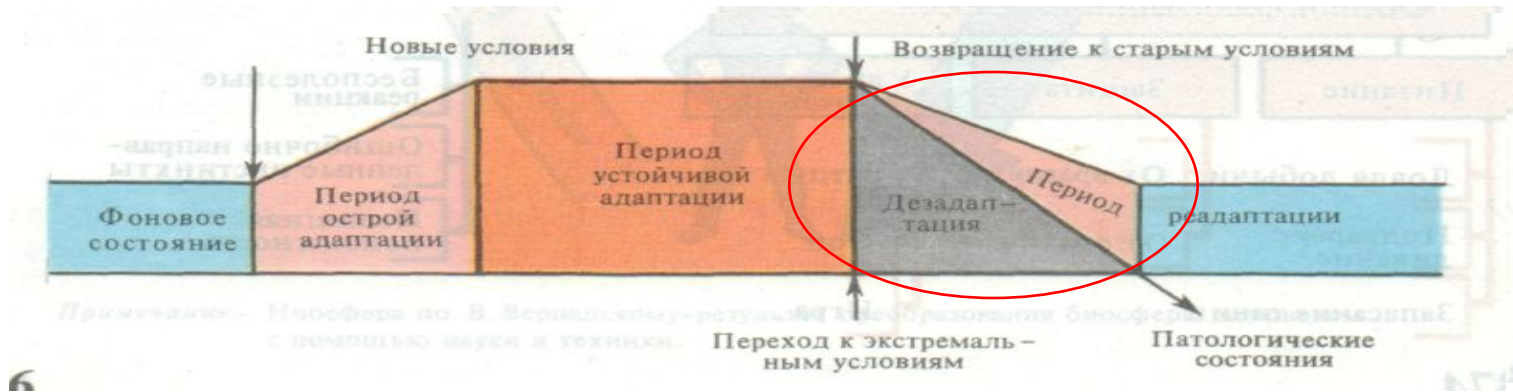
- Основная нагрузка - на регуляторные механизмы, неэффективная адаптация, спортивная работоспособность низкая

2. Устойчивая адаптация



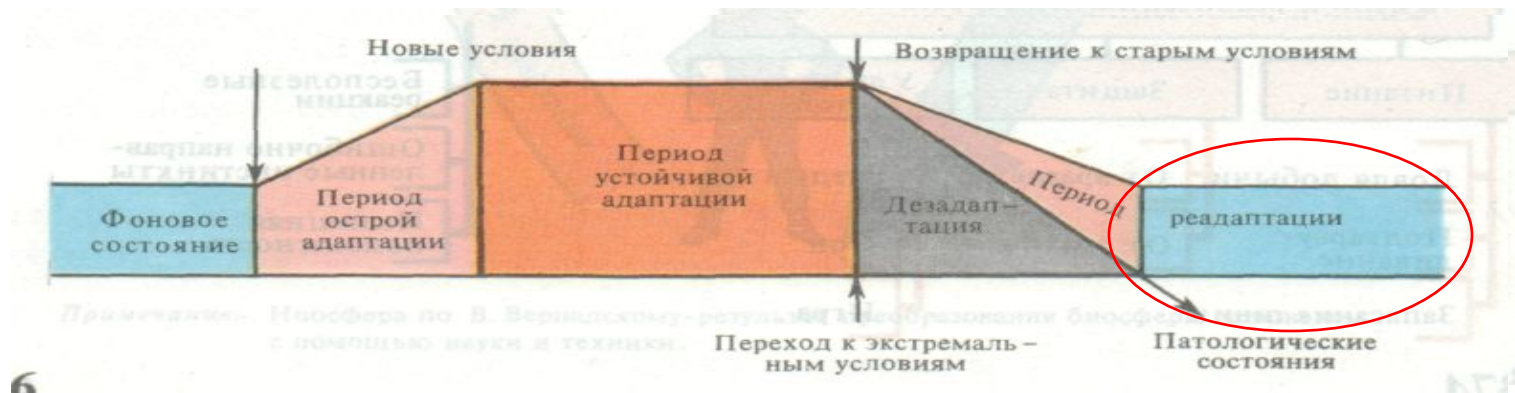
- Совершенствуются механизмы регуляции, устанавливается новый уровень функционирования органов и систем (без напряжения), используются функциональные резервы – возникает **адаптированность** организма

3. Деадаптация



- Возникает в результате перенапряжения адаптационных механизмов и включения компенсаторных реакций

4. Реадаптация



- После перерыва в тренировках восстанавливаются исходные свойства и качества организма

При адаптации к чрезмерным физическим нагрузкам вступает в силу общебиологическая закономерность:

**Все приспособительные
реакции имеют лишь
относительно
целесообразный характер:
«За все нужно платить»**

Цена адаптации – биологическая «расплата» за адаптационные изменения

1. Прямое изнашивание функциональной системы, на которую падает нагрузка.
2. Отрицательная перекрестная адаптация – нарушения в функциональных системах, не связанных с основной нагрузкой.

Виды адаптации к физическим нагрузкам



Виды адаптации

Срочная (несовершенная) адаптация:

- экстренное приспособление; пусковой гормон - *адреналин*
- механизмы врожденные, наследственно обусловленные
- сдвиги внутри ***функциональной системы***
- осуществляется на пределе возможностей организма
- неэффективная

Долговременная адаптация:

- возникает постепенно, в результате многократного действия на организм факторов среды
- возникает на основе вновь сформированных программ регулирования (генетически не запрограммированных)
- совершенствуется нервная регуляция
- в покое – экономное расходование Е
- при напряжении достигается повышенная мощность метаболизма
- осуществляется на клеточном и тканевом уровнях
- образуется **структурный след адаптации** (за счет активации ДНК и биосинтеза белков)
- *повышается устойчивость к заболеваниям*

Адаптационные изменения зависят:

- от вида спорта
- от исходного состояния спортсмена
- от индивидуальных особенностей
- от величины (объема) физической нагрузки

Резюме:

- Переход от срочной к долговременной адаптации основывается на индукции адаптивного синтеза белков;
- Цель тренировки - поддержание биохимических констант организма при высоких нагрузках и улучшении физиологических и динамических показателей.

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРИНЦИПЫ
КЛАССИФИКАЦИИ
ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ И
ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА**

Классификация – распределение предметов по группам на основе каких-то общих для них признаков (критериев)

Цель: - для понимания общих механизмов воздействия упражнений определенных групп на организм

- для правильного подбора упражнений и расширения диапазона средств воздействия на организм при обучении

Виды классификаций:

Аналитические

В основе - **один**
определенный

признак-классификатор

- Энергетический (по Е-источникам)
- Биомеханический (по структуре движений)
- Ведущее физическое качество
- Предельное время работы и др.

Синтетические

Разные признаки

Синтетическая классификация В. С. Фарфель (1970):

Позы:

- лежание;
- сидение;
- стояние;
- опора на руки

Движения:

1. Стандартные (стереотипные)

- а) качественного значения (в баллах)
- б) количественного значения (система СИ):

Циклические

Ациклические

2. Нестандартные (ситуационные)

спортивные игры,
единоборства, кроссы

**Физиологическая
характеристика
циклических движений**



- **Стандартные (стереотипные)** циклические движения характеризуются постоянством, повторением двигательных актов



Зоны мощности (по В.С.Фарфелю, 1937)

Математический анализ 25 лучших достижений в различных видах динамической работы циклического характера: Мощность работы и ее длительность находятся в сложной зависимости: длительность работы возрастает в большей мере, чем уменьшается ее мощность (скорость)

Lg V



**Длительность
дистанции**

Продолжительность работы

Основные энергетические системы

Анаэробная лактатная

глюкоза → НЛА
2,5 моль АТФ/мин
1,3-1,6 мин

Аэробная

Глюкоза
Жирные кислоты
Аминокислоты

+O₂

↓
CO₂ + H₂O

1 моль АТФ/мин
До истощения
энергетических
субстратов

Анаэробная алактатная (фосфагенная)

АТФ

3 сек

КрФ

КрФ → Кр + Ф
4 моль АТФ/мин
10 сек

Физиолого-биохимическая характеристика работы различной мощности (интенсивности)

№	Показатели	Зоны мощности			
		<i>Мах</i>	<i>Субмах</i>	<i>Большая</i>	<i>Умеренная</i>
1	Продолжительность работы	20-30 с	3-5 мин	30-40 мин	Более 40 мин
2	Удельный расход E	4 ккал/с	1,5 ккал/с	0,5 ккал/с	0,3 ккал/с
3	Общий расход E	80 ккал	450 ккал	900 ккал	Более 1000 ккал
4	Запрос O ₂	40 л/мин	25 л/мин	5-7 л/мин	3-4 л/мин
5	Рабочее потребление O ₂	6-13% от КЗ	5 л/мин	5 -5,5 л/мин	до 4 л/мин
6	ПО ₂ к КЗ	1/10	1/3	5/6	1/1
7	Абсолютный КД	до 8 л	22-25 л	12-20 л	до 4 л
8	Молочная кислота	До 5 ммоль	10-20	4-6	1-2

Физиолого-биохимическая характеристика работы различной мощности (интенсивности)

№	Показатели	Зоны мощности			
		<i>Мах</i>	<i>Субмах</i>	<i>Большая</i>	<i>Умеренная</i>
9	Наличие устойчивого состояния по O ₂	Нет	К концу ложное	Ложное	Истинное
10	Минутный объем дыхания, л/мин	30-40	120-140	140-160	80-100
11	ЧСС, уд/мин	160-170	190-200	До 200	150-180
12	Длительность восстановления	30-40 мин	1-2 час	Несколько часов	2-3 суток
13	Источники E	АТФ, КрФ	КрФ, гликолиз	Аэробно-анаэробны	Аэробный
14	Сахар крови	N или выше	N или выше	Норма	40-50 мг%
15	pH крови	Слегка кислое	До 7,2	До 7,0	норма

Адаптация к работе в **мах зоне** мощности:

Совершенствование ЦНС и
двигательного аппарата:

Повышение возбудимости и
лабильности нервных центров и
скелетных мышц

Увеличение функциональной
подвижности нервных
процессов

Быстрое расслабление мышц

Накопление КрФ в мышцах

Адаптация к работе в **субмак** зоне мощности:

Увеличение мощности и емкости
лактацидной (гликолитической)
системы

Повышение устойчивости нервных
центров к работе в условиях ацидоза

Развитие кислород-транспортных
систем – крови, ссс, дыхательной

Адаптация к работе в зоне большой мощности:

Совершенствование функциональных
возможностей кислород-транспортной системы

Совершенствование системы
терморегуляции

Увеличение аэробных
возможностей рабочих мышц

Адаптация к работе в зоне умеренной мощности:

Значительное увеличение запасов углеводов

Рост функциональной устойчивости ЦНС к монотонии

Совершенствование механизмов терморегуляции

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ **ОРГАНИЗМА**

- это способность организма (системы, органа) существенно интенсифицировать свою деятельность по сравнению с состоянием относительного покоя.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ **ОРГАНИЗМА** **обеспечиваются**

- Морфофункциональными особенностями
- Парностью органов
- Усилением сердечно-сосудистой деятельности
- Увеличением легочной вентиляции
- Высокой резистентностью клеток и тканей к внешним воздействиям и изменению внутренней среды

Морфофункциональная основа физиологических резервов:

- **Органы и системы организма.**
- **Механизмы их регуляции, которые обеспечивают:**
 - *переработку информации,*
 - *поддержание гомеостаза,*
 - *координацию двигательных и вегетативных реакций.*

Резервные возможности

Социальные:

- Психологические
- Спортивно-технические

Биологические:

- Структурные
- Биохимические
- физиологические

Физиологические резервы включаются поочередно:

1-я очередь

Включается при переход от состояния покоя к повседневной деятельности.
Реализуется при работе до 30% от абсолютных возможностей организма.
Механизмы: условные и безусловные рефлексy

2-я очередь

Включаются при напряженной деятельности.
Реализуется при работе от 30% до 65% от максимальных возможностей организма (тренировки и соревнования).
Механизмы: нейрогуморальные влияния, волевые усилия, эмоции.

3-я очередь

Включаются в экстремальных ситуациях (борьба за жизнь, потеря сознания, агония).
Механизмы: безусловные рефлексy и обратная гуморальная связь.

Средства повышения физиологических резервов организма:

- **Закаливание**
- **Общая физическая тренировка**
- **Специально направленная физическая тренировка**
- **Фармакологические препараты**
- **Адаптогены**

Тренировки

восстанавливают,
закрепляют,
расширяют

физиологические резервы
организма

**Израсходованные резервы
организма восстанавливаются с
некоторым избытком
(феномен избыточной компенсации).**

Под влиянием повторных нагрузок (систематических тренировок) повышаются рабочие возможности организма
и
расширяются физиологические резервы спортсмена.

Функциональные изменения в организме при физических нагрузках

запроса

н

ь

невысоки
й уровень
кислородн
ого

запроса

н

энергообе
спечения

л

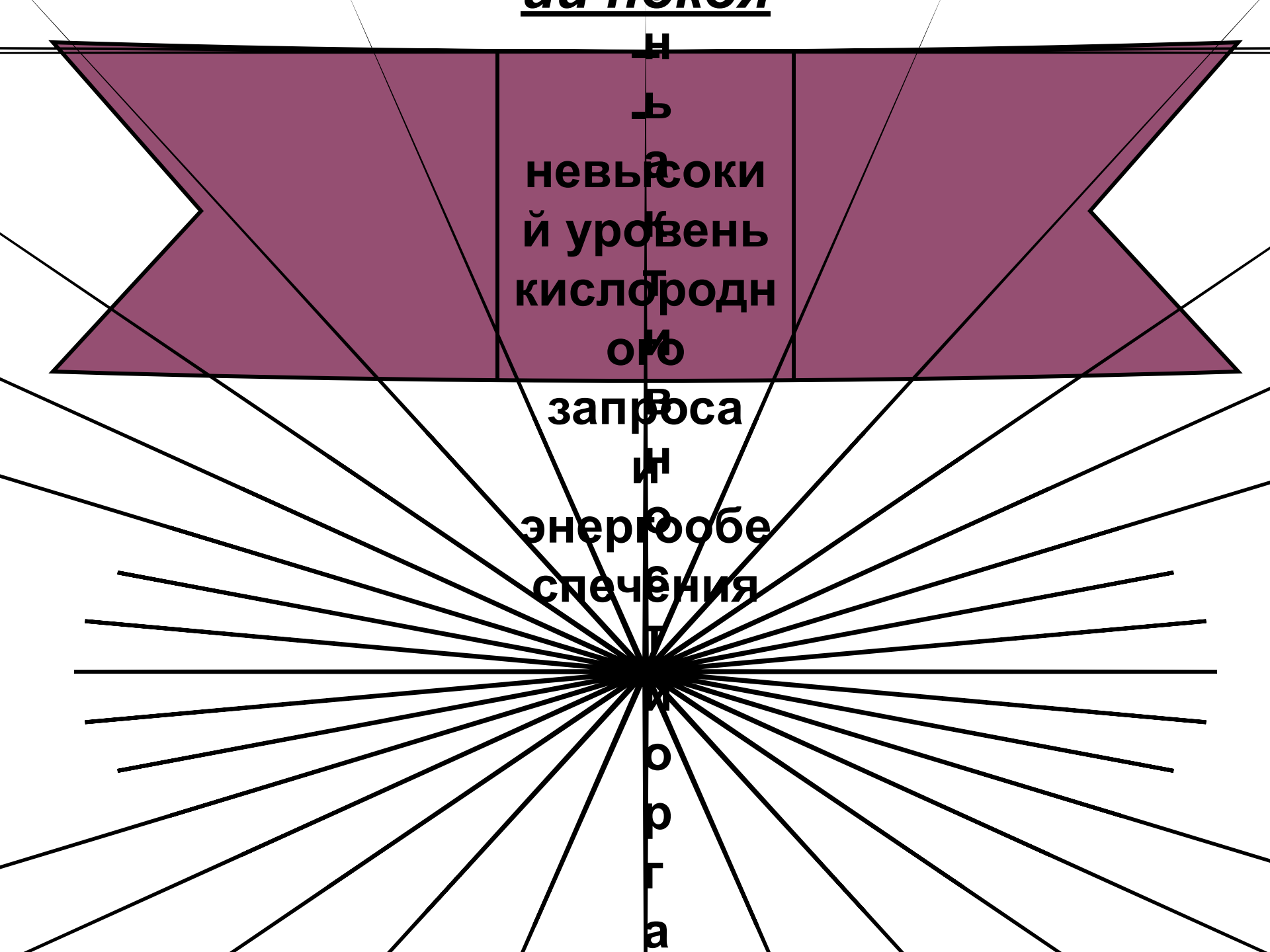
к

о

р

г

а



Физическая деятельность
характеризуется значительными
изменениями в следующих системах:

**ЦН
С**

**Система
дыхания**

**Система
крови**

**Сердечн
о-
сосудист
ая
система**

**Двигательный
аппарат
(мышечная
система)**

Функциональные изменения в центральной нервной системе при физических нагрузках

Повышение возбудимости и лабильности

ассоциативных и проекционных

нейронов



Моторная
активность
организуется
«нейронами движения»
через
пирамидную
систему

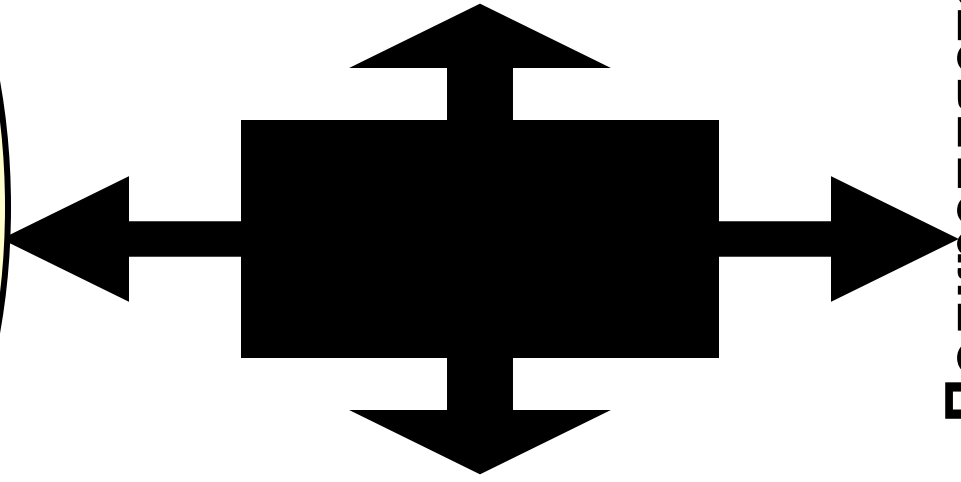
Формирование
рабочей позы
организуется
«нейронами положения»
через
экстрапирамидную
систему

В ЦНС создается функциональная система нервных центров (рабочая доминанта),

- **которая обеспечивает выполнение задуманной деятельности на основе:**
 - **анализа внешней информации,**
 - **мотивации, актуальной в данный момент времени,**
 - **памятных следов двигательных навыков и тактических комбинаций.**

**Обеспечивает
повышенную
возбудимость
нейронов.**

**Избирательно
тормозит
реакции на
посторонние
раздражители.**



**Подкрепляет
я
афферентным
и
раздражителя
ми.**

**Определяет
создание динамического
стереотипа,
облегчающего выполнение
движений.**

**Функциональные изменения
при физических нагрузках
в *двигательном аппарате***

При мышечной работе в двигательном аппарате

- **Повышается:**

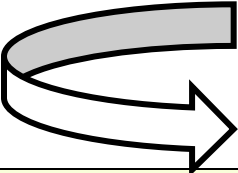
- **возбудимость и лабильность работающих мышц,**
- **температура мышц,**
- **чувствительность их проприорецепторов,**
- **кровоснабжение мышц.**

- **Снижается вязкость мышечных волокон.**

Энергообеспечение мышечной деятельности

1 моль АТФ обеспечивает около 8 кДж энергии

АТФ → АДФ+Ф+энергия



40-50% энергии – на
механическую работу



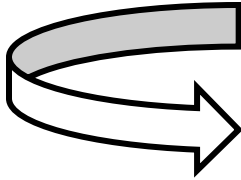
50-60% энергии -
превращается в тепло

*Чем больше произведенная работа
– тем больше выделяется тепла*

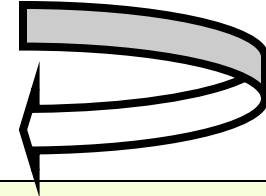
«Закон средних нагрузок»
- наибольшую работу мышца совершает при средних
величинах внешней нагрузки

Энергообеспечение мышечной деятельности

источники энергии для восстановления АТФ:



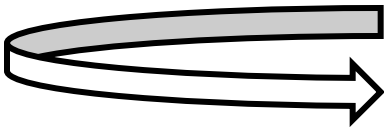
Анаэробные реакции
- без использования
кислорода
(креатин-фосфокиназная
реакция и гликолиз)



Аэробные реакции – с
участием кислорода)
(окислительное
фосфорилирование)
- окислительные
превращения углеводов и
жиров, в клетках (иногда и
белков), связанные с
использованием
кислорода.

Для ресинтеза АТФ

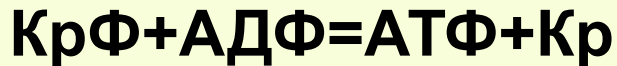
3 энергетические системы:



Анаэробный путь (без O₂)

– две системы:

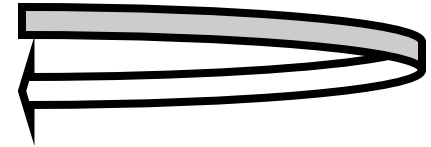
1) фосфагенная система:



2) гликолитическая

система:

расщепление углеводов
(гликогенолиз и гликолиз)



Аэробный путь (+O₂) –

– окислительная система

Энергомощность –

максимальное количество АТФ образующейся в единицу времени (ограничивает предельную интенсивность работы).

Энергоемкость – максимальное

количество АТФ, которое может ресинтезироваться (определяет максимальный объем работы)

Анаэробный путь ресинтеза АТФ:

фосфагенная система



- обеспечивает работу максимальной мощности не более 5 сек (взрывные мышечные усилия, спринтерский бег).
- используется с начала мышечного сокращения,
- обеспечивает быстрое восстановление АТФ,

обладает наибольшей энергомощностью и наименьшей энергоемкостью

Анаэробный путь ресинтеза АТФ:

гликолитическая система

расщепление углеводов (гликогенолиз и гликолиз)

- обеспечивает работу большой мощности от 20 сек до 1-2 мин (бег 200-800 м),
- включается при недостаточном снабжении работающих мышц кислородом,
- обеспечивает ресинтез АТФ в начале любой работы,
- выделившаяся энергия идет на восстановление АТФ (1 мол. глюкозы – 3 мол. АТФ),
- рост концентрации лактата -> снижение активности ферментов -> энергоемкость ограничивается концентрацией лактата.

Энергомощность – в 1,5 раза выше окислительной и в 3 раза ниже фосфагенной.

Энергоемкость – ниже окислительной и в 2,5 раза выше фосфагенной.

Аэробный путь ресинтеза АТФ:

Окислительная система

- при продолжительной малоинтенсивной работе:

ресинтез АТФ за счет окислительного
фосфорилирования

(окисление углеводов или жиров)

1 молекула глюкозы = 38 молекул АТФ.

- Обеспечивает работу в течение длительного времени (от 3-5 мин до нескольких часов).
- Чем больше мощность работы, тем выше энергетический вклад окисляемых углеводов и меньше вклад окисляемых жиров в общую энергопродукцию сокращающихся мышц.
 - При работе большой мощности окисляются, в основном, углеводы.
 - При малоинтенсивной работе окисляются, в основном, жиры.
 - При окислении одинакового количества У и Ж – жиры обеспечивают большую энергопродукцию.

Наиболее энергоемкая энергетическая система

Три типа двигательных единиц (ДЕ) мышечных волокон

1-го (S) типа (50,4%) – медленные (окислительные) - это
выносливые неутомляемые и легко возбудимые волокна,
с богатым кровоснабжением, большим числом
митохондрий, запасом миоглобина.
Высокая активность окислительных ферментов.
Характерны окислительные процессы
энергообразования – аэробные – окислительное фосфорилирование.

Легко включаются в работу
при мельчайших напряжениях мышц.
Выносливы, но не обладают достаточной силой.
Аэробная энергоемкость – высокая, анаэробная - низкая.

Используются при поддержании
ненагрузочной работы
(сохранение силы).
Обеспечивают выносливость мышц.

Три типа двигательных единиц (ДЕ) мышечных волокон

2-го А-типа - FR -(18,5%)

– быстрые
устойчивы к утомлению

промежуточные:
(окислительно
-гликолитические
(окислительное
фосфорилирование
и гликолиз).

Аэробная и анаэробная
энергоёмкость – средняя

Обеспечивают
скоростно-силовые
возможности

2-го Б-типа – FF -(31,1%)

– быстрые
быстро утомляемые

высокая сила
сокращения
мало капилляров
(гликолитические)

Низкая аэробная ёмкость
и высокая анаэробная

Обеспечивают
быстрые мышечные
сокращения

Число мышечных волокон, входящих в одну ДЕ различно:

- В мелких мышцах, реализующих плавные и точные движения – их меньше (в глазных мышцах 1 ДЕ содержит 13-20 волокон).
- В крупных, не требующих точного контроля - их больше (ДЕ внутренней головки икроножной мышцы – 1500-2500 волокон).

Соотношение быстрых и медленных ДЕ в различных мышцах различно:

- Чем больше длительность двигательной активности, тем больше медленных ДЕ (в камбаловидной мышце – много, в круговой мышце глаза – мало).
- У лыжников и бегунов стайеров в икроножной мышце – много медленных ДЕ, у спринтеров – много быстрых ДЕ.

Соотношение быстрых и медленных ДЕ в различных мышцах различно:

Это определяет функциональные свойства мышцы:

чем больше быстрых ДЕ

– тем больше сила и скорость сокращения,

- тем больше мышца приспособлена к кратковременной работе высокой мощности.

чем больше медленных ДЕ

– тем больше выносливость,

- тем больше мышца приспособлена к длительной малоинтенсивной работе.

- При работе большой мощности содержание гликогена снижается сначала в быстрых, затем в медленных волокнах.
- При малоинтенсивной работе содержание гликогена снижается сначала в медленных, затем в быстрых волокнах.

Скелетные мышцы в зависимости от уровня миоглобина делятся на:

Красные
– мышцы
окислительного
типа:

- **Высокий уровень миоглобина**
- **Много капилляров**
- **Долго работают без утомления**

Белые
- мышцы
гликолитического
типа:

- **Мало миоглобина**
- **Служат для срочной силовой нагрузки**
- **Быстро утомляются**

Двигательные единицы активируются по-разному:

**• При длительных
физических
нагрузках
вовлекаются
попеременно.**

**• При больших
кратковременных
напряжениях
включаются
синхронно.**

- При небольшой интенсивности работы – медленные ДЕ (высоковозбудимые и менее мощные).**
- С повышением мощности – промежуточные ДЕ,**
- Затем - быстрые ДЕ (маловозбудимые мощные).**

Тренировка изменяет опорно-двигательный аппарат:

- **Увеличение поперечного сечения мышцы.**
- **Утолщение костей в местах прикрепления мышц, которые развивают наибольшие усилия.**
- **Гипертрофия мышц – увеличение объема, повышение их твердости и упругости.**

Тренировка увеличивает мышечную силу за счет:

- **Увеличения поперечного сечения мышцы.**
- **Содержания в ней богатых энергией соединений.**
- **Совершенствования нервной регуляции мышц.**
- **Усиления адаптационно-трофических нервных влияний.**
- **Повышения уровня вегетативных реакций, особенно, кардиореспираторной системы (КРС).**

**Функциональные изменения
при физических нагрузках
*в системе дыхания***

При мышечной работе функция ДЫХАНИЯ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ:

- Растет частота дыхания (ЧД) до 40-60 в мин.
- Увеличивается глубина дыхания (до 2-3 л).
- ЖЕЛ остается стабильной.
- Увеличивается максимальная вентиляция легких (МВЛ).
- Увеличение бронхиальной проводимости - уменьшение сопротивления движению воздуха при усиленной вентиляции легких

У тренированных спортсменов показатели функции ДЫХАНИЯ возрастают:

- Развиваются дыхательные мышцы.
- Возрастает ЖЕЛ и МВЛ.
- Увеличивается «жизненный показатель» (отношение ЖЕЛ к массе тела).
- Резервный объем вдоха больше резервного объема выдоха.
- Частота дыхания (=10-12) в покое меньше, чем у нетренированных.
- Глубина дыхания выше (до 700-800 мл).
- Минутный объем дыхания в покое не изменен.

У тренированных спортсменов показатели функции ДЫХАНИЯ изменяются:

- Уменьшение легочной вентиляции в покое - потребление кислорода в покое уменьшается (экономизация дыхания).
- Увеличение бронхиальной проводимости - уменьшение сопротивления движению воздуха при усиленной вентиляции легких
- Содержание углекислоты в выдыхаемом воздухе возрастает (нарастание щелочных резервов).
- Восстановление оксигенации крови после задержки дыхания происходит быстрее.

**Функциональные изменения
при физических нагрузках
*в системе кровообращения***

При мышечной работе увеличиваются показатели кровообращения :

- частота сердечных сокращений (ЧСС)
 - систолический объем крови,
 - минутный объем,
 - скорость кровотока,
 - объем циркулирующей крови (выход из депо),
 - кровоснабжение активных зон мозга, сердца и мышц.
-
- Уменьшается время кругооборота крови и кровоснабжение кожи и внутренних органов.

У тренированных спортсменов морфологические изменения сердца:

- Увеличение размеров сердца (увеличение объема полостей и умеренная гипертрофия миокарда).
- Увеличение общего объема сердца на 30-40% (до 1150 см³).
- Улучшение капилляризации сердца.
- Увеличение емкости коронарных сосудов и диаметра отверстий сердца.
- Увеличение содержания миоглобина и гликогена в миокарде.

У тренированных спортсменов функциональные изменения работы сердца (в покое - экономизация работы):

- ЧСС в покое меньше (40-55 в мин).
- Нередко синусовая аритмия (вагусное влияние).
- Удлиняется диастола
- В покое сердце сокращается с меньшей силой - гиподинамия миокарда - удлиняется фаза изометрического сокращения (больше период напряжения миокарда).
- Систолический и минутный объем крови уменьшаются.

У тренированных спортсменов изменения на ЭКГ:

- Синусовая брадикардия
- Синусовая аритмия
- Низкие зубцы Р
- Высокие зубцы Т
- Смещение зубца ST выше изолинии
- Высокий вольтаж зубцов комплекса QRS

**У тренированных спортсменов
показатели артериального давления в
пределах возрастных норм**

- **Тенденция к повышению АД.**
- **Большее увеличение диастолического давления (уменьшение потребности в O_2 , сужение мелких артерий -> сопротивление оттоку крови на периферию во время диастолы-> повышение диастолического АД).**
- **Изменяется жесткость сосудистых стенок.**

Показатели АД в покое изменяются за счет изменения жесткости сосудов

На первом этапе тренировки:

- В покое жесткость артериальных сосудов снижается (длительный период восстановления после тренировки → усиленное кровоснабжение работавших мышц → капилляры расширены → гладкие мышцы сосудов расслаблены → уменьшение жесткости сосудов).

При повышении тренированности:

- В покое жесткость артериальных сосудов увеличивается (уменьшение потребности тренированных мышц в кровоснабжении → сужение артериол → повышение периферического сопротивления → увеличение жесткости сосудов).

**Функциональные изменения
при физических нагрузках
*в системе крови***

При мышечной работе

- **Увеличивается объем циркулирующей крови (ОЦК) за счет выхода крови из депо.**
- **Увеличивается отдача кислорода из крови в ткани.**
- **Увеличивается коэффициент утилизации кислорода.**
- **Повышается осмотическое давление крови (переход воды из крови в мышцы и потоотделение).**
- **Уменьшается вязкость крови.**

При развитии тренированности увеличиваются:

- общее количество крови,
- число эритроцитов,
- количество гемоглобина,
- дыхательная поверхность крови,
- кислородная емкость крови,
- мощность буферных систем,
- щелочной резерв крови.

При тренировках:

- **Миогенный эритроцитоз (до $5,5-6 \times 10^{12}/\text{л}$)**
- **Миогенный тромбоцитоз (в 2 раза)**
- **Миогенный лейкоцитоз:**
 - **При небольших физических нагрузках – до $10-12 \times 10^9/\text{л}$ + лимфоцитоз.**
 - **При значительных нагрузках – до $16-18 \times 10^9/\text{л}$ + нейтрофилез.**
 - **При истощающих нагрузках – до $20-50 \times 10^9/\text{л}$ + преобладание незрелых нейтрофилов.**