

ТЕМА 4

**ФИЗИОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ
СПОСОБНОСТЕЙ:
СИЛЫ, СКОРОСТИ,
ВЫНОСЛИВОСТИ, ГИБКОСТИ И
ЛОВКОСТИ**

1. Понятие двигательных качеств

Основные понятия

- **Моторика** – совокупность двигательных (физических) возможностей человека
- **Двигательные (физические) способности** – отдельные качественно различные стороны моторики
- **Физические (двигательные) способности** - «комплекс морфологических и психофизиологических свойств человека, отвечающих требованиям какого-либо вида мышечной деятельности и обеспечивающих эффективность ее выполнения» (Курамшин и др. 2004).

Каждая физическая способность

- Обусловлена врождёнными анатомо-физиологическими особенностями.
- Изменяется в процессе онтогенеза в результате возрастных изменений или тренировки. Для описания динамики показателей физических способностей применяются термины: «развитие» - для характеристики естественных онтогенетических изменений физического качества и «воспитание» «тренировка» - изменение качества в результате активного и целенаправленного направленного воздействия.
- Имеет общую методику тренировки независимо от вида движения.
- Проявляется в определённой характеристике движения (стороне моторики).

- Имеет определённые количественные измерители (показатели). Именно по специфическим показателям и оценивается способность. Сами понятия «физическое качество» или «физическая способность» являются абстрактными и не подлежат непосредственному измерению и оценки. В связи с этим правильнее говорить, например, не об «увеличении силовых способностей в результате тренировки», а об «улучшении показателей силовых способностей».
- Имеет специфические физиологические и биомеханические механизмы.
- Требуется определённых свойств психики.
- Двигательные способности формируются неравномерно и неодновременно (гетерохронность). У детей и подростков имеются временные периоды, наиболее благоприятные для развития определённой двигательной способности – **сенситивные периоды**.

Значение физических способностей

- Уровень развития определённого физического качества определяет соответствующую физическую способность, которая, в свою очередь, проявляется в форме двигательных навыков и умений, т.е., между двигательными качествами/способностями и двигательными навыками/умениями существует тесная взаимосвязь.
- Физические способности могут быть перенесены из одной сферы деятельности человека в другую.
- Физические способности входят в понятие «физического развития», «физической подготовленности», «физической работоспособности» и др. Часть базовых физических способностей (гибкость, аэробная выносливость, сила, силовая выносливость) напрямую связаны со здоровьем человека (физический компонент здоровья, физический фитнес, фитнес-здоровье).

Основные двигательные способности

- Силовые и скоростно-силовые
- Скоростные
- Выносливость
- Гибкость
- Ловкость

2. Физиология силовых способностей

- **Сила**

Способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему за счет мышечных сокращений; максимальное усилие, которое может произвести мышца или группа мышц.

Пиковая способность скелетных мышц развивать силу за счёт изометрического, изотонического или ауксотонического (смешанного) режима сокращений.

Сила сокращения мышцы, регистрируемая на её конце, проявляется как **сила тяги**, приложенная к месту её прикрепления.

Сила является векторной величиной, имеющей точку приложения, направление и величину.

- **Мощность**

- Взрывной компонент силы, результат силы и скорости движений.

- Мощность – это работа, совершаемая мышцей в единицу времени (полезная мощность): $\text{мощность} = (\text{сила} \times \text{расстояние}) / \text{время}$.

- Во многих двигательных действиях (особенно спортивных) мощность является более важным показателем, чем сила.

■ Работа мышц

- Энергия, затрачиваемая на перемещение тела с определенной силой (F) на определенное расстояние (h): $A = F \cdot h$ (кГм).
- **Виды работы**
 - **Статическая** – совершается в изометрическом режиме при сохранении длины мышцы и положения тела (удерживающая работа); более утомительна, чем динамическая работа.
 - **Динамическая** – совершается во время движений. В зависимости от направления изменения длины мышцы различают:
 - **преодолевающую (концентрическую) работу** – совершается при укорочении мышцы (сила, развиваемая мышцей больше внешней нагрузки), приводящем к перемещению тела или его частей в пространстве с преодолением силы сопротивления. При совершении преодолевающей работы происходит уменьшение силы тяги с увеличением скорости сокращения.
 - **уступающую (эксцентрическую) работу** – совершается при удлинении мышцы внешней силой (мышца уступает действию внешней силы и растягивается, так как её сила недостаточна для удержания части тела в определённом положении или её перемещения). При совершении уступающей работы происходит увеличение силы тяги при увеличении скорости сокращения, что может привести к травмам сухожилий и мышц.

Силовые способности: понятие и виды

Понятие

- Комплекс различных проявлений в определенной двигательной деятельности, в основе которых лежит понятие «сила».

Виды силовых способностей

- **Собственно силовые** - проявляются в условиях изометрического режима сокращений и медленных движений с предельным или околопредельным отягощением (статическая сила, медленная сила, изометрическая сила); характеризует силовой потенциал человека.

- В физиологии различают два вида силы:

- **Общая сила** определяется максимальным грузом, который мышца в состоянии поднять или переместить, или максимальным напряжением, которое мышца способна развить без ограничения времени.
- **Удельная (или абсолютная) сила** – отношение общей силы к площади физиологического поперечного сечения.

- В спортивной практике используются несколько отличные понятия:

- **Абсолютная сила** - отношение мышечной силы к площади физиологического поперечника мышцы. При этом силу мышцы или группы мышц измеряют динамометром без учета ее поперечника (абсолютный показатель силы).
- **Относительная сила** - отношение мышечной силы к ее анатомическому поперечнику (толщины мышцы в целом). Для ее оценки применяют отношение мышечной силы к массе тела, т. е. в расчете на 1 кг (относительный показатель). Определяет успешность перемещения соб

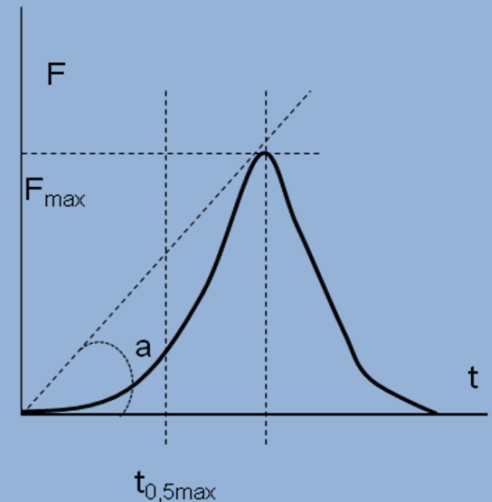
- **Скоростно-силовые показатели (мощность)**

– проявляются в двигательных действиях, где кроме силы требуется скорость движения; чем больше сопротивление движению, тем больше силовой компонент; чем меньше отягощение, тем больше скоростной компонент.

- **Динамическая (быстрая сила)** – проявляется при быстрых движениях преодолевающего и уступающего характера или при быстром переключении от уступающей к преодолевающей работе (требуется как скорость, так и сила, которые не достигают предельных значений).

- **«Взрывная сила»**

- Способность достигать максимума проявляемой силы по ходу движений в кратчайшее время.
- В большей мере зависит от наследственных свойств организма, чем изометрическая сила.
- Необходима для придания возможно большего ускорения собственному телу или спортивному снаряду; лежит в основе прыгучести или резкости (в метаниях, ударах).
- Характеризуется не столько величиной силы, сколько ее нарастанием во времени, т.е. градиентом силы (рис).



Градиент силы – первая производная от силы по времени: dF/dt ; время достижения силы, равной половине максимальной ($t_{0,5max}$)

Скоростно-силовой индекс: F_{max}/t_{max} (тангенс угла a)

- **Силовая выносливость** - способность мышц выполнять повторяющиеся мышечные действия или отдельное статическое действие (усилие), требующие силы или мощности, без развития утомления.
- **Силовая ловкость.**

Физиологические механизмы (факторы) развития силы

- Хотя силовые способности (сила действия) во многом зависят от силы мышц, они не идентичны силе тяги отдельных мышц или мышечных групп. Причины:
 - При движении происходит сокращение большого количества мышц (агонистов) и взаимодействие между агонистами и антагонистами → развиваемая сила действия является векторной суммой сил тяги различных мышц.
 - Результат действия силы тяги мышцы в биокинематической цепи помимо факторов, определяющих силу мышечной тяги, зависит от: длины рычага (при движении изменяются углы в суставах, что приводит к изменению плеча силы мышечной тяги); закрепления звеньев цепи; соотношения сил, вызывающих движение, и сил сопротивления; начальных условий вращения в суставе.
 - На развитие мышечной силы влияют внутримышечные факторы, особенности нервно-мышечной регуляции и психофизиологические механизмы.

Внутримышечные факторы.

Механические и биомеханические факторы - внешняя нагрузка: отягощение, инерция и пр.

Морфофункциональные факторы

- **Строение мышцы:** физиологический поперечник (суммарный поперечник произвольно сокращающихся волокон) и масса мышц.
- **Расположение мышцы относительно оси сустава и костного звена** - определяет величину плеча силы, величину момента силы тяги (при острых и тупых углах вращающая тяга меньше укрепляющей) и направление тяги мышцы.
- **Миофибриллярная гипертрофия мышцы** при силовой тренировке (рост толщины и более плотная упаковка миофибрилл), увеличение физиологического поперечника.
- **Соотношение быстрых и медленных ДЕ.**
- **Длина мышечных волокон перед сокращением (соотношение «сила-длина»).**

Биохимические

- **Активность ферментов мышечного сокращения; мощность и скорость анаэробной системы энергообеспечения мышц (ресинтеза АТФ), содержание креатинфосфата, буферные возможности мышечной ткани и др.**

Нервная регуляция

- обеспечивает развитие и проявление мышечной силы за счет влияния на факторы, контролирующие силу сокращения каждого волокна, на факторы, определяющие количество активных мышечных волокон, а также за счёт совершенствования межмышечной координации и интеграции.

- Увеличение частоты генерации нервных импульсов к скелетным мышцам
- Межмышечная координация (между синергистами, а также синергистами и антагонистами, действующими на уровне отдельного сустава, а также межсуставная интеграция). Совершенствование межмышечной координации при освоении физических упражнений силового характера является необходимым условием развития силы.

Психофизиологические механизмы

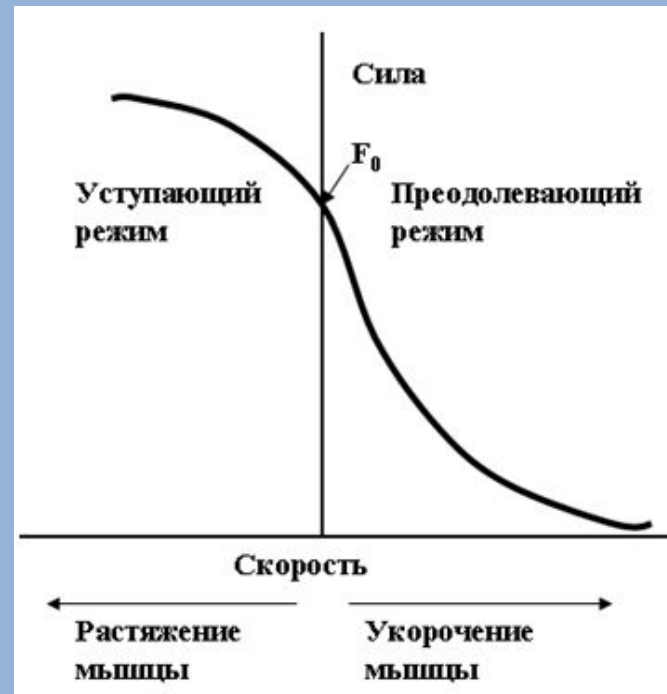
- связаны с изменениями функционального состояния человека, влиянием мотиваций и эмоций, усиливающим симпатические и гормональные влияния.

Факторы, определяющие проявление силовых способностей

•Скорость движения

Зависимость между проявлением силы мышцы и скоростью сокращения носит нелинейный характер и определяются типом совершаемой работы (преодолевающая или уступающая).

- При активном укорочении мышцы в **преодолевающем режиме** развиваемая сила, обратно пропорциональна скорости сокращения - для развития большей силы движение должно совершаться медленно.
- При пассивном растяжении мышцы в **уступающем режиме** развиваемая сила прямо пропорциональна скорости растяжения.
- **Статическая сила в изометрическом режиме** зависит от предшествующего режима работы. Статическая сила больше, если предшествующий режим работы был уступающий.



Направление движения

- Сила действия в уступающих движениях (пр. приземление) больше силы преодолевающих движений (пр. отталкивание).

Положение тела

- Положение тела определяет длину мышц (пассивное напряжение) от которой зависит активное напряжение и плечо силы тяги мышц – кратчайшее расстояние (перпендикуляр) от оси вращения до линии действия силы. Близкое прикрепление мышц к оси вращения (характерно для ОДА человека) обеспечивает выигрыш в скорости за счёт проигрыша в силе. Максимальная сила действия зависит от величины суставного угла, который определяет плечо силы.



Пример:

Суставной угол	180	80	60
h двуглавой мышцы плеча	11.5	45.5	39.2

Топография силы

- **Топография силы** – соотношение максимальной силы действия различных мышечных групп
- У людей, не занимающихся спортом, наиболее развиты антигравитационные мышцы (разгибатели спины и ног) и сгибатели рук.
- У спортсменов топография силы зависит от специализации.

Сенситивные периоды развития силовых способностей

Физиологический прирост абсолютной силы происходит у подростков и юношей в 13-14 и 16-18 лет, а у девочек и девушек в 10-11 и 16-17 лет.

Самыми высокими темпами увеличиваются показатели силы крупных антигравитационных мышц (разгибателей туловища и ног).

Относительные показатели силы значительными темпами возрастают у детей и подростков в возрасте 9-11 и 16-17 лет.

Скоростно-силовые качества: мальчики 14-15 лет; девочки 9-12 лет.

Показатели силы у мальчиков во всех возрастных группах выше, чем у девочек.

Индивидуальные темпы развития силы зависят от фактических сроков полового созревания.

Средства развития силовых способностей

- **Силовые упражнения** - упражнения с повышенным сопротивлением. В зависимости от природы сопротивления они подразделяются на три группы:
 - **Упражнения с внешним сопротивлением.**
 - упражнения с тяжестями, в том числе и на тренажерах; упражнения с партнером; упражнения с сопротивлением упругих предметов; упражнения в преодолении сопротивления внешней среды (например, бег в гору, по песку, снегу, воде и т.п.)
 - **Упражнения с преодолением веса собственного тела:**
 - гимнастические силовые упражнения (сгибание и разгибание рук в упоре лежа, на брусьях и в висячем положении, поднимание ног к перекладине и др.); легкоатлетические прыжковые упражнения; упражнения в преодолении препятствий.
 - **Изометрические упражнения.**
 - упражнения в пассивном напряжении мышц (удержание груза и т.п.); упражнения в активном напряжении мышц в течение определенного времени и определенной позы (попытка оторвать от пола штангу чрезмерного веса и др.).
 - **Упражнения в самосопротивлении** за счет волевых усилий (волевая гимнастика) - выполнение напряженных движений, при которых тяговому усилию активной мышечной группы противостоит напряжение антагонистов.

Методы развития силы мышц

- **Метод сопряженного воздействия**
 - использование основного соревновательного движения с отягощением.
- **Изометрический метод** – напряжение мышц (5-10 сек) при величине усилия равной 40-50% (55-100% в спорте) от максимального (при усилии равном 20-30% от максимального сила мышц не развивается).
- **Миометрический метод** – работа мышц в режиме укорочения.
- **Статико-динамический метод** – поднятие груза и его удерживание (5-10 сек).
- **Метод принудительного растяжения мышц.**
- **Безнагрузочный метод** – волевое напряжение мышц без внешней нагрузки.

Методы развития силовых способностей

Метод максимальных усилий

- Основан на использовании упражнений с субмаксимальными, максимальными и сверхмаксимальными отягощениями.
- Обеспечивает повышение максимальной динамической силы без существенного увеличения мышечной массы за счет совершенствования внутри- и межмышечной координации и повышения мощности аэробных механизмов ресинтеза АТФ.

Метод повторных непредельных усилий (до «отказа»).

- Предусматривает преодоление непредельного внешнего сопротивления до значительного утомления или «до отказа».
- При большом отягощении и незначительном количестве повторений развивается максимальная сила и происходит увеличение мышечной массы. При большом числе повторений и небольшом весе тренируется силовая выносливость.
- Повторение увеличивает частоту эфферентной импульсации, повышает число активных ДЕ, вызывает синхронизацию их деятельности, активизирует обменно-трофические процессы в мышечной и других системах организма, вызывая гипертрофию мышц с увеличением их физиологического поперечника, стимулируя развитие максимальной силы. (Сила сохраняется дольше, если одновременно с ее развитием увеличивается и мышечная масса.)

Метод изометрических усилий.

- Характеризуется выполнением кратковременных максимальных напряжений, без изменения длины мышц.

Метод изокинетических усилий.

- Предусматривает выполнение упражнений с относительно небольшой величиной отягощений (до 30% от максимума). Упражнения выполняются на специальных тренажерах, которые позволяют делать движения в широком диапазоне скоростей, проявлять максимальные или близкие к ним усилия в любой фазе движения.
- Используется для развития различных типов силовых способностей - «медленной», «быстрой», «взрывной» силы.

Метод динамических усилий.

- Предусматривает выполнение упражнений с относительно небольшой величиной отягощений (до 30% от максимума) с максимальной скоростью или темпом.
- Применяется для развития скоростно-силовых способностей - «взрывной» силы.

«Ударный» метод.

- Основан на ударном стимулировании мышечных групп путем использования кинетической энергии падающего груза или веса собственного тела.
- Поглощение тренируемыми мышцами энергии падающей массы способствует резкому переходу мышц к активному состоянию, быстрому развитию рабочего усилия, создает в мышце дополнительный потенциал напряжения, что обеспечивает значительную мощность и быстроту последующего отталкивающего движения и быстрый переход от уступающей работы к преодолевающей.
- Применяется для развития «амортизационной» и «взрывной» силы различных мышечных групп, для совершенствования реактивной способности ОДА.

3. Физиология скоростных способностей (быстроты)

- **Скорость** – расстояние перемещения тела в пространстве за единицу времени.
- **Скоростные способности** - комплекс функциональных свойств, обеспечивающих выполнение двигательных действий в минимальный отрезок времени.
- **Элементарные формы скоростных способностей** являются общими для различных видов двигательных действий; плохо тренируемы:
 - **Скорость (быстрота) одиночного движения** – способность к выполнению одиночных движений с максимальной скоростью.
 - **Частота (темп) движений** – способность к выполнению движений в максимальном темпе (с максимальной частотой).
 - **Быстрота реакции** (время двигательной реакции) – способность быстро реагировать на сигнал; латентный период простой (без выбора) и сложной (с выбором) сенсомоторной реакции.
 - **Резкость** – способность быстро начинать движение.
- **Комплексные формы скоростных способностей** базируются на элементарных; проявляются в сложных двигательных актах, характерных для конкретного вида деятельности: стартовые скоростные способности, дистанционные скоростные способности, способность быстро переключаться с одних действий на другие и т.п.

Виды двигательных реакций

- **Простые** – ответ заранее известным действием на заранее известный сигнал (рефлекс) (пример, старт в беге)
- **Сложные** – сигнал и ответные действия заранее не известны (реакция с выбором, реакция на движущийся объект т др.).
- **Двигательные реакции** имеют 3 фазы: сенсорная, премоторная и моторная, которые составляют **общее**



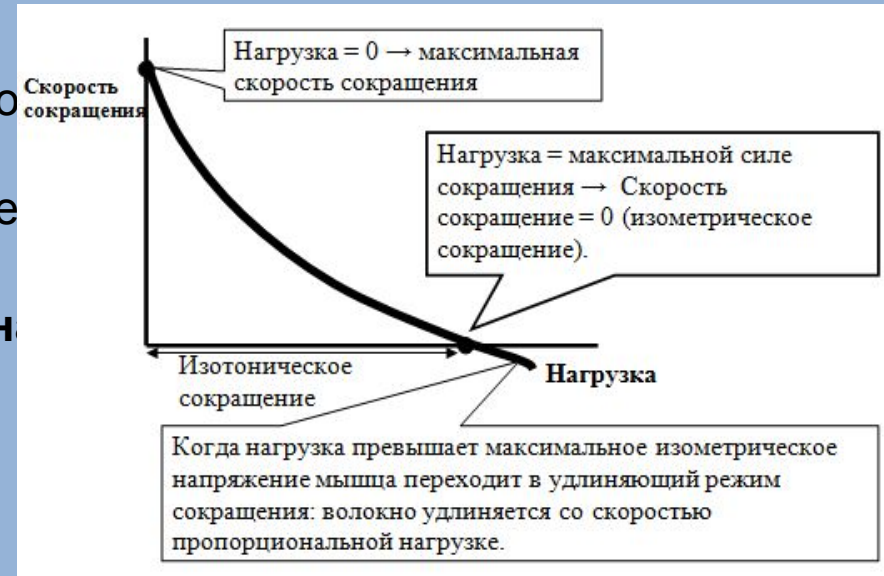
Зависимость между скоростными и силовыми способностями

- **Скорость зависит от мышечной силы.** Чем сильнее мышцы, тем быстрее они преодолеют сопротивление нагрузки, инерцию покоя и т.д.
- **Прирост скорости движения возможен за счёт**
 - **прироста скоростных качеств**
 - **прироста силовых качеств** – наиболее выгодно для прироста скорости при увеличении величины преодолеваемого сопротивления

Факторы, влияющие на скорость сокращения мышцы

Внутримышечные

- **Длина мышечного волокна:** чем длиннее волокно, тем выше скорость его сокращения.
 - В длинном волокне больше саркомеров чем в коротком. Поэтому и скорость сокращения длинного волокна больше
- **Сила, развиваемая каждым из саркомеров, одинакова и равна силе, регистрируемой на конце миофибриллы.** Увеличение физиологического поперечника мышцы приводит к увеличению силы без изменения скорости укорочения. Увеличение длины мышцы приводит к увеличению скорости сокращения без изменения силы.
- **Тип волокна** (быстрое или медленное).
- **Нагрузка на мышцу:** зависимость скорости от нагрузки - чем больше нагрузка на мышцу, тем меньше скорость её сокращения (рис.).



Нервные факторы

- **Лабильность и подвижность нервных процессов** определяют скорость восприятия и переработки поступающей информации в ЦНС, а лабильность мышц - скорость мышечного компонента быстроты (сокращения и расслабления мышцы, максимальный темп движений).
- **Внутримышечная и межмышечная координация:** синхронизация активности ДЕ в отдельных мышцах и разных мышечных группах; своевременное торможение мышц-антагонистов.
- Развитие координационных способностей, гибкости, волевых качеств.

Сенситивные периоды в развитии скоростных способностей

- Быстрота движений: мальчики 7-9 лет, девочки 7-9, 10-11, 13-14 лет.
- Быстрота реакции: мальчики 4-6, 7-9 лет; девочки 7-13 лет.
- Максимальная частота движений: мальчики и девочки 4-6, 7-9 лет

Упражнения на развитие быстроты движений

- Упражнения, выполняемые в максимально быстром темпе:
 - бег на короткие дистанции;
 - прыжки в длину, высоту с места, прыжки-подскоки;
 - метание;
 - быстрые упражнения с небольшим весом;
 - боксирование с гантелями в руках.

Тренировка скоростных способностей

- Упражнения для развития скоростных способностей выполняются на предельных скоростях без ограничения скорости движений утомлением.
- При развитии комплексных скоростных способностей ведущим является повторный метод со стремлением превышения максимальной скорости
- Вариативный метод - чередование скоростных упражнений в затрудненных, обычных и облегченных условиях. Выполнение скоростных упражнений в облегченных условиях стимулирует предельно быстрые движения.
- Для развития скорости реакции применяют эстафеты, подвижные и спортивные игры, включающие элементы быстрого реагирования на внезапные сигналы с использованием игрового метода.
- Для развития темпа движений — повторное выполнение движений с возможно большой частотой, но без излишнего напряжения

4. Физиология выносливости

Выносливость

- способность выполнять работу длительное время без снижения эффективности (работоспособности);
- способность организма противостоять утомлению (выносливость лимитируется процессами утомления);
- способность продолжительно поддерживать заданную силу, скорость, координацию и/или гибкость движений.

Виды выносливости

По специфичности

Общая

Специальная



По проявлению других физических способностей

Скоростная

Силовая

Координационная



По мощности работы

Умеренная Большая Субмаксимальная Максимальная

Факторы, определяющие ВЫНОСЛИВОСТЬ

Выносливость

```
graph TD; A[Выносливость] --> B[Энергетический потенциал (E)]; A --> C[Экономичность пользователя];
```

Энергетический потенциал (E)
сумма энергетических систем

- **Окислительная энергетическая система** (максимальное потребление кислорода) (МПК)
- **Фосфогенная энергетическая система** (емкость) (F_o)
- **Лактацидная энергетическая система** (емкость) (L_o)

$$E = \text{МПК} + F_o + L_o$$

Экономичность пользователя

Характеризует способность эффективного расходования энергopotенциала во времени (скорость и назначение расходования); экономичность техники движений

Методы повышения экономичности движений

1. Снижение энергозатрат в каждом цикле

- Устранение ненужных движений
- Устранение ненужных сокращений мышц (↓ суммарного времени активности мышц – концентрация мышечной активности)
- ↓ внешнего сопротивления (пример - улучшение техники уменьшает сопротивление воды при плавании)
- ↓ скорости колебаний циклических движений*
- Выбор оптимального соотношения между скоростью и силой движения
- Выбор оптимального соотношения между длиной и частотой шагов

Методы повышения экономичности движений (прод.)

2. Рекуперация энергии – сохранение и повторное использование энергии

- **Переход кинетической энергии в потенциальную энергию силы тяжести и обратно (экономит до 12-23% энергии)**
 - Пример: Повышение экономичности ходьбы за счёт сохранения полной механической энергии тела (потенциальная энергия + кинетическая) при колебании положения общего центра массы тела*
- **Превращение кинетической энергии движения в потенциальную энергию упругой деформации мышц и сухожилий и обратно (6-37%).**
- **Передача механической энергии от одного звена к другому (12-23%).**

Способы измерения выносливости

- Основной показатель выносливости – **время, в течение которого человек способен поддерживать заданную интенсивность двигательного задания**

2 типа показателей выносливости:

- **Абсолютные (явные)** – не учитывают развитие скоростных и силовых качеств (пример – максимальное число жимов штанги спортсменом)
- **Относительные (латентные)** – оценивают выносливость в условиях исключения скоростных и силовых качеств
 - Отношение времени преодоления всей дистанции ко времени преодоления короткого участка (**коэффициент выносливости**)
 - **Запас скорости** – разница между средним временем преодоления эталонного участка и лучшим временем на этом участке (уменьшается с ростом спортивного мастерства)

Внешние и внутренние показатели выносливости

- **Внешние (поведенческие)** - характеризуют результативность двигательной деятельности человека при развитии утомления (время преодоления протяжённой дистанции, наибольшая дистанция при передвижении с заданной скоростью «до отказа», максимальное число повторений упражнения, предельное время сохранения определённой позы; величина и характер изменений различных биомеханических параметров двигательного действия в начале, середине и конце работы)
- **Внутренние (функциональные)** - отражают изменения в функционировании различных органов и систем организма, обеспечивающих выполнение данной деятельности.

Физиологическая основа аэробной выносливости

- Уровень аэробных возможностей человека определяют способность выполнять работу за счет энергии окислительных реакций. **Аэробные возможности** зависят от:
 - **аэробной мощности** - определяется абсолютной и относительной величиной максимального потребления кислорода (МПК);
 - **аэробной емкости** - суммарной величины потребления кислорода на всю работу.
- Аэробная выносливость зависит от:
 - доставки кислорода работающим мышцами - главным образом определяется функционированием кислородтранспортной системы: сердечно-сосудистой, дыхательной и системой крови,
 - возможностей скелетных мышц утилизировать кислород.

Физиологические механизмы развития аэробной выносливости

• **Морфофункциональные перестройки дыхательной системы с повышением эффективности дыхания** - большему поступлению кислорода в кровь при меньших энергозатратах на легочную вентиляцию.

- Увеличение легочных объемов и емкостей (ЖЕЛ достигает 6-8 л и более).
- Увеличением мощности и выносливости дыхательных мышц приводит к росту объема вдыхаемого воздуха (глубины дыхания) по отношению к функциональной остаточной емкости легких (остаточному объему и резервному объему выдоха).
- Увеличение диффузионной способности легких за счёт повышения общей площади альвеолярной поверхности и перфузии в легких.
- Повышение порога анаэробного обмена (ПАНО), что позволяет дольше не переходить к энергетически менее выгодному использованию анаэробных источников.

Морфофункциональные перестройки в ССС, отражающие адаптацию к нагрузке

- Рабочая (физиологическая гипертрофия) миокарда с расширением объёма сердечных камер (физиологическое спортивное сердце),
- Рост сердечного выброса (увеличение ударного объема крови),
- Замедление ЧСС в покое (до 40-50 уд/мин) в результате усиления парасимпатических влияний (спортивная брадикардия), что облегчает восстановление сердечной мышцы и последующую ее работоспособность; увеличение максимальной ЧСС при нагрузке.
- Снижение систолического АД в покое (ниже 105 мм рт. ст.) - спортивная гипотония.

Перестройки в системе крови

- Увеличение объема циркулирующей крови (в среднем на 20%) за счет, главным образом, увеличения объема плазмы → снижение вязкости крови и соответствующим уменьшением сопротивления кровотоку; увеличение венозного возврата крови, с повышением диастолического наполнения сердца крови и сердечного выброса.
- Увеличение абсолютного количества эритроцитов и гемоглобина.
- Уменьшение содержания лактата (молочной кислоты) в крови при работе, связанное, с преобладанием в мышцах выносливых людей медленных волокон, использующих лактат как источник энергии, и с увеличением емкости буферных систем крови, в частности, ее щелочных резервов. (При этом лактатный порог анаэробного обмена (ПАНО) также нарастает, как и вентиляционный ПАНО).

Перестройки в скелетных мышцах

- Рабочая гипертрофия медленных мышечных волокон по **саркоплазматическому типу**, т.е. за счет роста объема саркоплазмы.
- Накопление гликогена, липидов, миоглобина; увеличение капиллярной сети, числа и размеров митохондрий.
- Мышечные волокна при длительной работе включаются посменно, восстанавливая свои ресурсы в моменты отдыха.

Перестройки в ЦНС

- Формирование стабильных рабочих доминант, которые обладают высокой помехоустойчивостью, отдавая развитие запредельного торможения в условиях монотонной работы.
- Повышение устойчивости нервных центров к высокому темпу активности (зависит от быстрого восстановления АТФ в анаэробных условиях за счет креатинфосфата и реакций гликолиза).
- Особой способностью к длительным аэробным нагрузкам обладают спортсмены с сильной уравновешенной нервной системой и невысоким уровнем подвижности - флегматики.

Выносливость к статической силовой работе

- Базируется на высокой способности нервных центров и работающих мышц поддерживать непрерывную активность (без интервалов отдыха) в анаэробных условиях.
- Торможение вегетативных функций со стороны моторной доминанты по мере адаптации к нагрузке постепенно снижается, что облегчает дыхание и кровообращение.
- Увеличение переносимости нервной системой и двигательным аппаратом многократных повторений натуживания, вызывающего прекращение кровотока в нагруженных мышцах и кислородное голодание мозга.
- Повышение резервов мышечного гликогена и кислородных запасов в миоглобине.

Сенситивные периоды развития выносливости

- **Аэробная выносливость:** мальчики – 8-9, 10-11, 12-13, 14-15 лет; девочки – 9-10, 11-12 лет.
- **Динамическая силовая выносливость:** мальчики – 11-13, 15-16 лет; девочки – 9-12 лет.
- **Скоростная выносливость:** мальчики и девочки – после 12 лет.

Тренировка выносливости

•Развитие скоростной выносливости.

- Понятие скоростной выносливости чаще всего используют применительно к упражнениям циклического характера.
- Основным методом развития скоростной выносливости в каждой зоне мощности заключается в использовании на занятиях более интенсивной работы по сравнению с той, которая характерна для нее в различных возрастных группах. Работа до выраженного утомления является основной формой повышения уровня выносливости.

•Развитие силовой выносливости.

- Силовая выносливость (статическая и динамическая) проявляется в способности длительное время проявлять оптимальные мышечные усилия.
- Для развития силовой динамической выносливости используются повторный, интервальный и круговой методы.
- Для развития статической силовой выносливости используют различные варианты повторного метода с применением изометрических упражнений, выполнение которых должно ограничиваться стадией компенсированного утомления («до отказа»).

5. Физиология гибкости

- **Гибкость** - комплекс морфофункциональных свойств ОДА, обуславливающих подвижность отдельных звеньев человеческого тела относительно друг друга; способность выполнять движения с большой амплитудой.
 - Зависит от степени подвижности основных суставов.
 - Определяет амплитуду движений.
 - Термин «гибкость» следует применять для характеристики суммарной подвижности биокинематической цепи или всего тела. Например, движения позвоночника следует описывать термином «гибкость», а движения в отдельных суставах – термином «подвижность». **Подвижность суставов** – угол в суставном сочленении в крайне возможном положении сочленяющихся звеньев

- **Виды гибкости:**
 - **Активная** (связана с произвольными движениями) - – способность выполнять движения в каком-либо суставе с большой амплитуде за счёт активного сокращения мышечных групп
 - **Пассивная** (под действием внешней силы) – наивысшая амплитуда движения в суставе, которая достигается за счёт внешних сил
 - **Активно-пассивная.**
 - **Общая гибкость** - подвижность во всех суставах тела, позволяющая выполнять разнообразные движения с максимальной амплитудой.
 - **Специальная гибкость** - значительная или даже предельная подвижность лишь в отдельных суставах, соответствующая требованиям конкретного вида деятельности.
- **Дефицит активной гибкости** – разница между активной и пассивной гибкостью
 - Может быть уменьшен за счёт силовых упражнений, выполняемых с большой амплитудой движений.
- **Запас гибкости** - величина гибкости должна превышать амплитуду движений

Значение гибкости

- От уровня развития гибкости зависит эффективность выполнения двигательной активности.
- Недостаточная подвижность в суставах ограничивает уровень проявления скоростных, силовых и координационных способностей, приводит к снижению экономичности работы, вызывает скованность движений и может являться причиной повреждения связок и мышц.

Физиологическая основа гибкости

- Способность к управлению ОДА и его морфофункциональные особенности (форма сустава, толщина суставного хряща, эластичности и вязкость мышц, эластичность связочного аппарата, суставных сумок, состояния межпозвонковых дисков).

Факторы, влияющие на гибкость

- Способность человека сочетать сокращение мышц, производящих движения, с расслаблением растягиваемых мышц.
- Внешняя температура:** повышение температуры увеличивает гибкость.
- Время суток:** гибкость максимальна в середине дня
- Разминка, массаж, тёплый душ** (повышает температуру)
- Физическое состояние/самочувствие** человека
- Мышечная сила:** рост мышечной силы при гипертрофии мышц ограничивает подвижность в суставах. Однако, умеренное увеличение динамической силы увеличивает объём движений в суставах.
- Возраст:** гибкость снижается с возрастом
- Генетическая (наследственная) предрасположенность** к гибкости
- Степень утомления:** показатели активной гибкости уменьшаются, а пассивной - увеличиваются.

Сенситивные периоды развития гибкости

- Мальчики и девочки: с рождения до 13-14 лет.
- Наибольшее увеличение пассивной гибкости наблюдается в возрасте 9-10 лет, активной – 10-14 лет.
- У девочек во всех возрастах показатели гибкости на 20—30% выше, чем у мальчиков.

Тренировка гибкости

- Не следует добиваться предельного развития гибкости, поскольку чрезмерное ее повышение ведет к деформации суставов и связок и затем к их «разболтанности», нарушает осанку и отрицательно сказывается на проявлении других физических способностей.
- Для развития гибкости используются упражнения с увеличенной амплитудой движений - упражнения в растягивании, которые направлены не на воздействие на сократительные элементы мышц, а на соединительные ткани (сухожилия, связки, фасции и т.п.), поскольку, не обладая свойством расслабляться, они в основном препятствуют развитию гибкости.

- **Виды упражнений**

Динамические активные упражнения (наклоны туловища, пружинистые, маховые, рывковые, прыжковые движения и т. п.).

Динамические пассивные (с помощью воздействий партнера, с преодолением внешних сопротивлений, шпагат и др.).

Статические активные упражнения - удержание определенного положения тела с растягиванием мышц, близким к максимальному за счет сокращения мышц, окружающих суставы и осуществляющих движения.

Статические пассивные - удержание положения тела или отдельных его частей осуществляется с помощью воздействий внешних сил (партнера, снарядов, веса собственного тела).

Комбинированные.

- **Основной метод** развития гибкости является повторный метод, который предполагает выполнение упражнений на растягивание сериями.

6. Физиология координационных способностей

Понятие и виды координационных способностей

- **Двигательно-координационные способности** - способности быстро, точно, целесообразно, экономно и находчиво, т.е. наиболее совершенно, решать двигательные задачи (особенно сложные и возникающие неожиданно). (Холодов)
- **Координационные способности** - совокупность свойств человека, проявляющихся в процессе решения двигательных задач разной координационной сложности и обуславливающих успешность управления двигательными действиями и их регуляции. Координация движений проявляется в согласованном сочетании движений звеньев тела в пространстве и во времени, одновременном и последовательном, соответствующем двигательной задаче, внешнему окружению и состоянию человека.
- «Координация движений есть не что иное, как преодоление избыточных степеней свободы наших органов движений, т.е. превращение их в управляемые системы» (Н.А. Бернштейн, 1946).

- **Ловкость** проявляется в двигательных действиях, которые осуществляется при внезапных изменениях обстановки, требующих от человека своевременного выхода из нее, маневренности, находчивости и способности к переключению движений (**двигательная находчивость**). Координационные же способности проявляются во всех видах деятельности, связанных с управлением согласованностью и соразмерностью движений и с утверждением позы. Таким образом, понятия «координационные способности» и «ловкости» не идентичны. Кроме того, терминологии физического фитнеса ловкость рассматривается отдельно от координации.
- **Основные виды координационных способностей**
 - Способность к ориентированию в пространстве, дифференцировке различных параметров движения, к равновесию, перестраиванию движений, комбинированию движений, к рациональному расслаблению мышц, поддержанию ритма движений, управлению временем двигательных реакций; способность антиципировать (предвосхищать) признаки движений и др.

Главные критерии оценки координационных способностей:

- правильность выполнения движения, т.е. когда движение приводит к требуемой цели;
- быстрота результата;
- рациональность движений и действий (выполняет так, как нужно);
- двигательная находчивость.

Качественные и количественные характеристики оценки координационных способностей

- Качественные характеристики: адекватность, своевременность, целесообразность и инициативность.
- Количественные: точность, скорость, экономичность и стабильность (устойчивость) движений.

Физиологическая и биомеханическая основа координационных способностей

Биомеханические основы координационных способностей

- **Биомеханическая координация движений** заключается в устранении избыточных степеней свободы движущегося сегмента тела или всего тела.
- Достигается за счёт многоуровневой иерархической системы построения движений и сенсорных коррекций (использование для регуляции движений обратной связи в виде сенсорных сигналов, касающихся особенностей построения движения).
- Достигается за счёт **уравновешивания всех меняющихся во времени действующих сил** – инерции, реакции опоры, мышечной тяги (+ реактивные силы и силы внешнего поля). Нервная система контролирует только силу тяги мышц.

Физиологические механизмы координационных способностей

- **Нервная координация** - согласование нервных процессов, управляющих движениями через мышечные напряжения, приводящее в конкретных условиях (внешних и внутренних) к решению двигательной задачи.
- **Мышечная координация** - это согласование напряжения мышц, передающих команды управления на звенья тела как от нервной системы, так и от других факторов. Мышечная координация управляется нервной системой.
- **Двигательная координация** - согласованное сочетание движений звеньев тела в пространстве и во времени, одновременное и последовательное, соответствующее двигательной задаче, внешнему окружению и состоянию человека.
- **Сенсорно-моторная** - согласование деятельности ОДА и сенсорных систем, необходимое для организации, контроля и сенсорной коррекции движений двигательной (вестибуломоторная, зрительно-двигательная и др. виды координации).
- **Моторно-вегетативная координация** – координация моторных и вегетативных функций в процессе выполнения двигательной активности.

Врожденные и наследственные анатомо-физиологические особенности организма, влияющие на развитие координационных способностей

- Свойства нервной системы (сила, подвижность, уравновешенность нервных процессов).
- Индивидуальные варианты строения коры головного мозга, степень зрелости ее отдельных областей и других отделов ЦНС.
- Уровень развития и функциональное состояние отдельных сенсорных систем.
- Особенности строения и функционирования ОДА.
- Особенности психических процессов (ощущения, восприятие, память, «моторная» память, представления, внимание, мышление), темперамент, характер, особенности регуляции и саморегуляции психических состояний и др.

Сенситивные периоды развития координационных способностей

- Координационные способности: мальчики и девочки – с 7 до 11-12 лет.
- Способность к ориентированию в пространстве: мальчики и девочки – с 7-10 до 13-15 лет.
- Способность к динамическому равновесию: мальчики – 15 лет, девочки – 17 лет.
- Способность к перестройке двигательных действий: мальчики 7-11, 13-14, 15-16 лет; девочки – с 7 до 11-12 лет.
- Точность: мальчики – 10-11, 14-15 лет; девочки 10-11, 14-15 лет.

Тренировка координационных способностей

- Для развития координационных способностей применяются упражнения, предъявляющие повышенные требования к согласованию, упорядочиванию движений, организации их в единое целое, которые имеют необходимую координационную трудность и сложность, содержат элементы новизны и необычности, отличаются большим многообразием форм выполнения движений и неожиданностью решений двигательных задач.
- Тренировка должна включать задания по регулированию, контролю и самооценке различных параметров движений путем активизации работы отдельных анализаторов либо с «выключением» их деятельности.
- Развитие координационных способностей происходит на основе развития точности дифференцирования (различения) направления, амплитуды, времени, темпа и скорости движений, интенсивности мышечных усилий, способности к кинестетическому различению (развития «мышечного чувства»), а также «чувства пространства», «чувства времени», «чувства развиваемых усилий» и др.

Вопросы для контроля

- В чём заключается связь между силой и положением тела?
- От чего зависит аэробная выносливость мышц?
- Чем дефицит активной гибкости отличается от запаса гибкости?
- Чем ловкость отличается от координационных способностей?
- В чем состоит зависимость между силовыми и скоростными способностями?