

# Лекция № 2

## *Основные понятия о системе движений*

Вопросы:

- 1. Теория системного подхода.*
- 2. Биомеханические характеристики.*
- 3. Классификация движений*

.

# **Основная задача биомеханики двигательных действий**

- оценка эффективности применения двигательных действий и действующих сил для более совершенного достижения поставленной цели.**
- Изучение движений в биомеханике , в конечном счете, направлено на то, чтобы найти совершенные способы двигательных действий и научить лучше их исполнять.**

# **Система (от гр. *systema* — целое, составленное из частей)**

- Система это единое целое, состоящее из взаимодействующих частей, решающих общую задачу:**
- Состав системы это перечень подсистем и элементов системы.**
- Элемент системы — это структурная единица системы, составная ее часть.**
- СТРУКТУРА СИСТЕМЫ [system structure] — организация связей и отношений между подсистемами и элементами системы,**

# Характеристики и состояние системы

**Характеристики системы** — это признаки или свойства элементов системы (рост, вес и т.д.). Выделяют два вида: существенные и несущественные.

**Состояние системы** — это комплекс конкретных значений ее существенных характеристик в данный момент.

Порядок смены состояний системы рассматривается как поведение системы, а процесс перевода системы из исходного состояния в намеченное как *управление*.

**Управление — это перевод системы из исходного состояния в желаемое.**

**Управление — осуществляется путем изменение состояния системы посредством управляющих воздействий, которые направлены на достижение цели.**

**Цель тренировки – это найти такие воздействия на состояние спортсмена, в результате которых его состояние изменяется до необходимого уровня.**

- Важной стороной процессов управления сложными динамическими системами является принцип обратной связи, согласно которому успешное управление может осуществляться только в том случае, если управляющий объект будет получать информацию об эффекте, достигнутом тем или иным его действием на управляющий объект поэтому:.
- **Управляемая система включает в себя две подсистемы — управляющую и исполнительную, которые соединены между собой каналами прямой и обратной связи.**

# структурная схема управления.



- В простейшем случае имеется управляемая подсистема (объект управления – О.У.), управляющая подсистема (аппарат управления – А.У.) и среда, в которой действует управляемая подсистема при достижении цели. Такая связь (рис.а). может быть только в одном направлении – прямая.
- В более сложной системе с замкнутым контуром связи есть каналы обратной связи (рис.б). По ним поступают сведения о предварительном состоянии и среды, и управляемой подсистемы, а также о результате действия. Самоуправляемая система включает в себя две подсистемы: управляемую (О.У.), выполняющую задачу, и управляющую (А.У.), подающую команды, а также два канала обратной связи: внешней (от среды к системе) и внутренней (между подсистемами). Обратные связи превращают каналы связи в замкнутые кольца; внешнее кольцо замыкается через среду

# Виды обратных связей

- 1) сведения, идущие от спортсмена к тренеру (самочувствие, отношение к работе, настроение)
- 2) сведения о поведении и реакции спортсмена на объемы и задания тренировочной работы, качество их выполнение, замеченные ошибки
- 3) данные о срочном тренировочном эффекте (величина и характер сдвигов в функциональных системах, вызванных тренировочной нагрузкой)
- 4) сведения об отставленном и кумулятивном тренировочном эффекте (изменения в состоянии тренированности и подготовленности спортсмена)

# Двигательная задача

- В каждом двигательном действии человека осуществляется определенная двигательная задача. Она может заключаться в достижении определенной конечной цели (забросить шайбу в ворота) либо в выполнении заданного процесса движения.
- **Двигательная задача** — это обобщенные требования к двигательному действию, которые определяются характером предстоящего действия и общей последовательностью его этапов и достижения поставленной цели.
- Решение двигательной задачи представляет собою **цель управления движениями**.
- **Программа управления** — это состав и последовательность конкретных движений, необходимых для решения поставленной двигательной задачи
- **управление движениями** осуществляется путем перевода от исходного состояния к намеченной цели. При этом исходя из цели двигательной задачи, выбираются необходимые, ранее выработанные программы и создаются новые, передаются команды мышцам, ведется контроль над ходом действия.



# Состав двигательной системы

- В системе движений различают составляющие ее элементы, которые выделяют как пространственные и временные элементы.
- Пространственные элементы системы движений выделяют по изменению пространственных координат звеньев – это **суставные движения**. Самым простым является движение одного звена в одном суставе вокруг одной оси, в одну сторону. В двигательной деятельности в спорте всегда встречаются различные объединения суставных движений, которые сменяясь, развертываются во времени и пространстве представляют собой комплексы движений
- **Временные элементы системы движений** это части системы движений, выделяемые во времени) к ним можно отнести моменты, фазы, периоды и циклы движений. Их выделяют по существенным, измеримым характеристикам движений. Фаза – это часть системы движений, выполняемых за время, в течение которого не произошло существенных изменений в их характере. Границей двух соседних фаз служит момент изменения движений. Фазы, объединяются в периоды из которых составляются циклы движений

# Структуры двигательной системы

- Структура двигательной системы – это главные определяющие закономерности взаимодействий упорядоченных компонентов системы (подсистем и элементов входящих в состав системы). Выделяют:
- Кинематическая структура – это закономерности взаимодействия движений (подсистем и их элементов) в пространстве и во времени.
- Динамическая структура — это закономерности силового (динамического) взаимодействия частей тела человека друг с другом и внешними телами (среда, опора, снаряды, партнеры, противники).
- Информационная структура – это закономерности взаимосвязей между элементами информации), несущими как сведения о движениях и условиях действия, так и команды о подготовке к действию и его осуществлению

# Биомеханические характеристики

**Биомеханические характеристики – это меры для оценки механического состояния биосистемы (человека) и регистрации его изменения (поведения).**

Они измеряют количественные показатели механического состояния и двигательной функции тела и самих движений. Регистрируют различные параметры изменений (размеры, пропорции, распределение масс, подвижность в суставах, перемещение, усилие, работу и др.) всего тела и его частей (звеньев) и подразделяются на:

**Кинематические**

**Динамические**

# Кинематические характеристики

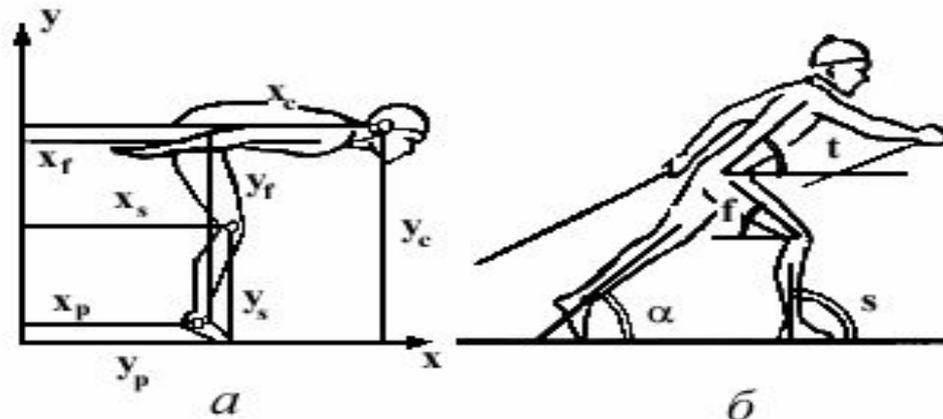
- **Кинематические характеристики это физические величины и параметры, которыми описываются разные стороны движений. При этом описывается внешняя картина движения вне зависимости от причин, вызывающие перемещение. Выделяют три группы характеристик:**
- **пространственные,**
- **временные,**
- **пространственно-временные.**

# Пространственные характеристики

- **Пространственные характеристики в целом определяют пространственную форму движений человека основные из них:**
- **Тело отсчета** в виде условно выбранного тела от которого отсчитывают расстояние и устанавливают начало, направление, единицы отсчета
- **Координата** – это пространственная мера местоположения точки относительно системы отсчета.
- **Траектория точки** - это пространственная мера движения (воображаемый след движения точки), в биомеханике определяющие начало и окончание движения, и его форму в пространстве. По виду траектории движения точки делятся на **прямолинейные и криволинейные**
- **путь или перемещение точки:** - разность координат с момента начала и до окончания движения : длина пути, расстояние между точками траектории, угол поворота и др.

# Координаты тела

Координата – это пространственная мера местоположения точки относительно системы отсчета. Местоположение точки обычно определяют по ее линейным координатам. Для определения положения одной точки на линии необходимо и достаточно одной координаты, положения одной точки на поверхности – двух, в пространстве – трех.



При определении много звеньевой биомеханической системы (тела человека), изменяющего свою конфигурацию, нужно знать положение каждого звена в пространстве. Часто определяют положение тела по положениям проекции осей суставов на его поверхности.

# Временные характеристики

- **1. Момент времени** - координата события на оси времени или временная мера положения точки, тела и системы в начале, в ходе движения и в конце.
- **2. Временной интервал** - промежуток времени между двумя событиями, т.е. между 2-мя моментами времени (разность координат на оси времени).
- **3. Длительность** (продолжительность) - временной интервал между начальным и конечным моментами рассматриваемого явления или процесса, фазы или периода.
- **4. Темп или частота (Т)** — среднее количество рассматриваемых телодвижений или движений в расчете на единицу времени ( $T = N : I$ ).
- **5. Ритм** - это временная мера соотношения частей движений. Он определяется по соотношению промежутков времени, затраченного на соответствующие части движения.
- **6. Фаза** - время, в которое протекает рассматриваемая часть системы телодвижений и движений, ограниченная либо определенными позами, либо определенными значениями параметров.
- **7. Период** - объединение (по какому-то признаку) 2-3 отдельных фаз

# Пространственно-временные характеристики

- **Скорость** — векторная характеристика, показывающая, как быстро изменяется положение точки, а значит и ее путь. Различают скорости

## 1 - линейную:

а) среднюю

б) мгновенную ( $v$ ) — производную от пути или перемещения по времени; измеряется в м/с.

2 — **угловую ( $\omega$ )**: — производную от пути или перемещения по времени; измеряется в м/с.

- **Ускорение ( $a$ )** — векторная характеристика, показывающая, как быстро изменяется скорость. Различают (аналогично скоростям):

# динамические характеристики

- **Динамические характеристики** применяются для выяснения причин возникновения и хода изменений по величине и направлению движений. Выделяют три группы :
  - **инерционные**
  - **силовые** (особенности взаимодействия звеньев тела и других тел)
  - **энергетические** (состояния и изменения работоспособности биомеханических систем).

# Инерционные характеристики

- **инертность** □ свойство физических тел, проявляющееся в сохранении своего состояния покоя, движения, температуры и др., а также в изменении его под действием сил.
- **Масса тела** — это мера инертности тела при поступательном движении. Она измеряется при движении материальной точки или системы тел отношением величины приложенной силы к величине вызываемого ею ускорению. Масса тела зависит от количества вещества тела. Однако при исследовании движений необходимо учитывать не только величину массы, но и, как говорится, ее распределение в теле.
- **Момент инерции** — это мера инертности тела относительно оси при вращательном движении (реальном или воображаемом) вокруг этой оси. Момент инертности количественно равен сумме моментов инерции частиц тела — произведений масс частиц на квадраты их расстояний от оси вращения:
- **Радиус инерции** то сравнительная мера инертности данного тела . Он измеряется квадратным корнем расстояния от оцм массы тела до оси вращения

# Силовые характеристики

1. **Величина силы (F)**  $1\text{кГ} = 9,8\text{ Н}$ . и ее основные проявления:

а) мгновенные значения силы в любой момент движения (в частности, максимальную или минимальную силу);

б) среднюю силу.

2. **Момент силы** — произведение величины усилия на плечо его действия:

3. **Импульс силы** — произведение силы на время ее действия:

4. **Градиент силы** — изменение силы в единицу времени:

# Энергетические характеристики

- **Энергия** - это запас работоспособности системы , характеризующий способность выполнить работу того или иного объема.
- **Работа (A)**. Работа силы в поступательном движении  $A = F \cdot S$ ,
- **Мощность (N)**. Мощность - это мера интенсивности работы. Средняя мощность  $N = A/t$ .
- **Работа силы** – это мера механического воздействия на тело со стороны других материальных объектов .
- **Мощность силы** – это мера быстроты приращения работы силы
- **Потенциальная энергия**  $E_{пот} = E_{пт} + E_{пу}$  , где  $E_{пт}$  - это энергия его положения, обусловленная взаимным расположением тел или частей тела, или, иначе говоря, это энергия состояния тела, обусловленная внутренним напряжением мышц в поле тяготения Земли.
- **Кинетическая энергия** – это мера механического движения, характеризующая его способность превращаться в потенциальную энергию или другие виды энергии. Кинетическая энергия тела равна при поступательном движении половине произведения массы тела на квадрат его скорости  $E_{кин} = E_{кп} + E_{кв}$ , где  $E_{кп} = mv^2/2$  это

# Позы, телодвижения

**Поза - это совокупность соотношения звеньев тела.**

**Телодвижение - движение одного звена относительно другого сочлененного с ним, либо нескольких звеньев, относительно других частей.**

**Движение - перемещение тела человека или его звена в выбранной системе отсчета координат.**

**Так что телодвижение и движение - разные понятия.**

- ***Движения человека представляют собой результат совместного действия внешних и внутренних сил.***
- **Внутренние силы, как единственные непосредственно управляемые человеком, обеспечивают правильное выполнение заданных движений**
- **Внешние силы, как выражающие воздействие внешней среды, обуславливают многие особенности движений.**

# **Внешние относительно системы силы**

- **Сила тяжести тела** – это мера притяжения тела к Земле
- **Сила инерции внешнего тела** в инерциальной системе отсчета (реальная сила) – это мера действия на тело человека со стороны тела, ускоряемого им. .
- **Силы сопротивления среды**
- **Реакции опоры** – это мера противодействия опоры при давлении на нее со стороны покоящегося или движущегося при контакте с ней тела.
- **Сила трения** – это мера противодействия движению, направленному по касательной к поверхности прикасающегося тела.

# ***Внутренние силы***

- К внутренним для тела человека силам относятся силы мышечной тяги и силы пассивного противодействия органов и тканей.
- Внутренние силы не могут сами по себе изменять движение ОЦМ системы и ее кинетический момент.
- Внутренние силы осуществляют *притягивание и отталкивание* внутри системы, между ее частями

# Виды движений

- Поступательные движения
- Перемещающие движения
- Вращательные движения

# Поступательные движения

- **Циклические:** бег гладкий, кроссовый, с препятствиями. спортивная ходьба, велосипедные гонки, бег на коньках и на лыжах, плавание, гребля.. В каждом из таких видов упражнений скорость равна произведению длины отрезка, преодолеваемого в одном цикле и их частоты (количества циклов в единицу времени).
- **Ациклические.** К ациклическим максимальным двигательным заданиям относятся разные виды подъемов штанги, прыжок на лыжах с трамплина, горнолыжные и санные спуски, акробатические прыжки
- **Смешанные.** В них сочетаются циклический и ациклический компоненты. К этим двигательным заданиям относятся легкоатлетические прыжки, метания, спортивные игры и др

- Так же как при отталкивании и в механизме притягивания, опорная реакция как внешняя сила совершенно необходима, но она не вызывает движения. Человек и при отталкивании, как и при притягивании, самодвижущаяся система. Источник энергии движения внутренний. Тело человека – не твердое тело, которое может перемещаться только под действием внешней силы; оно представляет собой систему тел, каждое из которых изменяет положение под действием всех приложенных к нему сил.. Движение по способу отталкивания происходит благодаря увеличению напряжения мышц: они, сближая свои концы, отдаляют подвижные звенья от опорных. Одновременно возникают силы инерции ускоряемых звеньев. В результате увеличивается опорная реакция, противодействующая весу подвижных звеньев и их силе инерции, передаваемой через рычаги на опорные звенья.

- Для изучения взаимодействия спортсмена с опорой необходимо разобрать общую динамику передвижения биомеханической системы как самодвижущейся.  
**Отталкивание от опоры выполняется посредством:**
  - а) собственно отталкивания ногами от опоры и б) маховых движений свободными конечностями и другими звеньями. Эти движения тесно взаимосвязаны в едином действии – отталкивании. От их согласования в значительной мере зависит совершенство отталкивания. При отталкивании опорные звенья неподвижны относительно опоры, а подвижные звенья под действием тяги мышц передвигаются в общем направлении отталкивания
- . Ни реакция опоры, ни ее составляющая – сила трения (на гладкой поверхности) сами по себе движения не вызывают, движущими силами не служат. **Следовательно, именно работа мышц изменяет кинетическую энергию тела человека при отталкивании.**

# Перемещающие движения в двигательной деятельности.

- **Перемещающими в биомеханике называют движения, задача которых состоит в перемещении какого-либо тела (снаряда, мяча, соперника, партнера) в пространстве и во времени.**
- Примерами могут быть метания, удары по мячу, броски партнера и др.
- К перемещающим движениям обычно предъявляются требования достичь максимальных величин:
- а) силы действия (при подъеме штанги);
- б) скорости перемещаемого тела (в метаниях);
- в) точности (штрафные броски в баскетболе).

# ОСНОВЫ ПОЛЕТА СПОРТИВНЫХ СНАРЯДОВ

- Траектория (в частности, дальность) полета снаряда определяется:
  - а) начальной скоростью вылета;
  - б) углом вылета;
  - в) местом (высотой) выпуска снаряда;
  - г) вращением снаряда;
  - д) сопротивлением воздуха, которое, в свою очередь, зависит от аэродинамических свойств снаряда

# Ударные действия

- **Ударом** в механике называется кратковременное взаимодействие тел, в результате которого резко изменяются их скорости.
- В зависимости от направления движения мяча до удара различают прямой и косой удары; в зависимости от направления ударного импульса — **центральный и касательные удары.**

# В ударных действиях различают:

- 1. **Замах** – движение, предшествующее ударному движению и приводящее к увеличению расстояния между ударным звеном тела и предметом, по которому наносится удар. Эта фаза наиболее вариативна.
- 2. **Ударное движение** – от конца замаха до начала удара.
- 3. **Ударное взаимодействие** (или собственно удар) – столкновение ударяющихся тел.
- 4. **Послеударное движение** – движение ударного звена тела после прекращения контакта с предметом, по которому доносится удар

- **Центральный удар** характеризуется тем, что ударный импульс проходит через ЦМ мяча. В этом случае мяч летит не вращаясь. **При касательном ударе** ударный импульс не проходит через ЦМ мяча — мяч после такого удара летит с вращением (рис. 10.5.).
- **вращение мяча** изменяет траекторию его полета. Изменяет оно также отскок

# Координация движений при максимально сильных ударах подчиняется двум требованиям

- 1) сообщение наибольшей скорости ударяющему звену к моменту соприкосновения с ударяемым телом. В этой фазе движения используются те же способы увеличения скорости, что и в других перемещающих действиях;
- 2) увеличение ударной массы в момент удара. Это достигается “закреплением” отдельных звеньев ударяющего сегмента путем одновременного включения мышц-антагонистов

# Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси

- Вращением твердого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором две точки тела остаются неподвижными в течение всего времени движения. При этом так же остаются неподвижными все точки тела, расположенные на прямой, проходящей через его неподвижные точки. Эта прямая называется осью вращения тела.
- Траекториями любых точек твердого тела при вращательном движении являются окружности. Зависимость угла поворота от времени  $\varphi = \varphi(t)$  выражает закон вращательного движения тела в системе неподвижных угловых координат

- Ось вращения может быть закрепленной, связанной с удерживающим телом, и свободной, когда нет внешнего удерживающего тела (в свободном полете). Ось вращения нередко представляет собой внешнее для человека материальное тело, закрепленное неподвижно.
- При вращении звеньев тела человека в суставах ось вращения всегда проходит внутри тела.
- **Центростремительная сила** – это мера действия удерживающего тела на вращающееся тело. Она вызывает искривление траектории в зависимости от массы, скорости и радиуса вращения
- **Центробежная сила** (инерции) – противодействие вращающегося тела искривлению его траектории

- При вращении в свободном полете нет внешнего удерживающего тела, нет и внешней центростремительной силы. Все внутренние силы в теле взаимно уравниваются и не оказывают влияния на траекторию ОЦМ. Но они удерживают частицы тела около оси вращения. Центробежные силы частиц одной половины тела служат центростремительными силами для частиц другой половины, расположенной по другую сторону от оси.
- В случае предварительного вращения, то есть когда кинетический момент системы не равен нулю, изменение момента инерции достигается изменением радиуса инерции. Широко известный прием – группирование — уменьшает момент инерции и увеличивает угловую скорость, разгруппирование производит прямо противоположный эффект. При отсутствии опоры движения группирования и разгруппирования всегда представляют собой встречные движения.

# Вращение фигуриста относительно вертикальной (продольной) оси.

- На спортсмена действуют две внешние силы - сила тяжести и сила реакции опоры. Моменты этих сил относительно вертикальной (продольной) оси тела спортсмена равны нулю. Поэтому в процессе вращения кинетический момент фигуриста будет оставаться постоянной величиной.
- Чтобы замедлить вращение, фигурист принимает положение "руки в стороны". Этим он увеличивает момент инерции тела относительно вертикальной оси:  $J_{\text{кон}} > J_{\text{нач}}$ . Как только момент инерции увеличивается, угловая скорость вращения фигуриста уменьшается ( $\omega_{\text{кон}} < \omega_{\text{нач}}$ ), согласно зависимости:

- Способы, основанные на создании встречных движений частей системы, не требуют исходного кинетического момента. Их можно разделить на две группы.
- Во-первых, встречное простое вращение вокруг одной оси посредством скручивания тела и его раскручивания вокруг продольной оси. Естественно, что эти движения имеют анатомически ограниченный размах.
- Во-вторых, встречные сложные вращения вокруг нескольких осей, создаваемые круговыми движениями – кружениями конечностей и изгибаниями туловища.
- Скручивания и раскручивания могут выполняться и при опоре и без нее (в полете). Одни части тела поворачиваются в одну сторону, другие в это же время в противоположную. .