

# **Лекция № 1**

## ***Биомеханика двигательной деятельности***

*для заочного обучения*

### ***Вопросы к лекции***

- 1. Предмет, методы и задачи биомеханики***
- 2. Опорно-двигательный аппарат***
- 3. Положение и виды равновесия тела***
- 4. Задание на контрольную работу***

**Действия человека всегда имеют цель, определенный смысл.**

*Человек произвольно, по собственной воле начинает движение, изменяет их и прекращает, когда цель достигнута (И.М. Сеченов).*

**Надо твердо знать что в основе двигательных действий человека лежит механическое движение потому что именно оно представляет собой непосредственную цель двигательного действия человека (переместиться самому, переместить снаряд, противника, партнера и т.п.).**

**Двигательные действия формируются при помощи произвольных активных движений различных звеньев тела, вызванных управляемой контролируемой работой мышц.**

*Но целенаправленное механическое движение человека, особенно при выполнении сложных координированных перемещений, осуществляется при определяющем участии в двигательном действии различных форм управления движением регулируемых через центральную нервную систему.*

**Именно под управлением и контролем сознания движения отдельных частей тела объединены в управляемые системы движений и целостные двигательные акты (например, гимнастические упражнения, способы передвижения на лыжах, приемы игры в баскетбол).**

**Поэтому биологическая механика (биомеханика) шире и иногда намного сложнее, чем механика неживых тел; она качественно отличается от механики последних.**

**биомеханика** составлено из двух греческих слов: **Βίος** - **жизнь** и **μηχανή** - **механика** - это раздел физики, изучающий механическое движение и механическое взаимодействие материальных тел.

**биомеханика** - это наука, изучающая двигательные возможности и двигательную деятельность живых существ

**Биомеханика двигательной деятельности** изучает движения человека в процессе его двигательной активности и физических упражнений.

**Предметом** биомеханики двигательной деятельности являются простые и сложные движения человека, как системы взаимно связанных перемещений.

**Объектом** изучения биомеханики двигательной деятельности является механические и биологические причины движений и особенности их влияния на двигательные действия в различных

# общая задача изучения движений человека в биомеханике двигательных действий

- Изучение движений в биомеханике , в конечном счете, направлено на то, чтобы найти совершенные способы двигательных действий и научить лучше их исполнять. Поэтому оно имеет ярко выраженную педагогическую направленность. Поэтому главная задача биомеханики это

- оценка эффективности  
применения сил и поиск более  
совершенных путей достижения

# частные задачи биомеханики

- изучение особенности строения опорно-двигательного аппарата спортсменов, его механические свойства и функции с учетом возрастных особенностей и т.д.
- поиск рациональной техники двигательной деятельности человека обусловленной особенностями движений отдельных частей тела с учетом поставленной задачи;
- поиск средств и методов оценки качества спортивных движений и двигательных действий, подбор специальных упражнений для технической и физической подготовки,
- нахождение наиболее информативных характеристик оценки спортивных движений и двигательных действий и контроля над их эффективностью

# **Методы регистрации характеристик двигательных действий**

- Методы непосредственного измерения механическими средствами.**
- Методы использования электротехнических средств ( миографы, кардиографы, тензометрические платформы).**
- Методы телеметрии (телетензометрия, телеакселерометрия и другие методы телерегистрации характеристик).**
- Методы фото и киnoreгистрации.**

# Методы исследования биомеханики

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ** это разложение единого целого на составные части. При системном анализе полученные и регистрируемые при помощи приборов характеристики движений (например траектории скорости, ускорения, силы и другие) расчленяют по определенным правилам на составные части.

**СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ** это способ выявления взаимосвязи частей в системе, закономерностей их взаимодействия.

При системном синтезе выявляют как элементы и части влияют друг на друга, определяют причины целостности системы, находят более эффективные пути решения поставленной задачи.

# Биомеханика делится на три части:

**Статика** – раздел биомеханики, который изучает законы для действия сил при равновесии тел и преобразования систем сил, приложенных к телу для сохранения его неподвижности

**Кинематика** – изучает чисто геометрические формы механических движений материальных объектов без учёта условий и причин, вызывающих и изменяющих эти движения.

**Динамика** – изучает причины движение материальных объектов, зависимость от действующих сил и их влияние на рассматриваемые и другие материальные объекты.

# Опорно-двигательный аппарат

Твердую основу двигательного аппарата составляет его костный осевой скелет.

Все кости соединяются в скелет посредством суставов.

Мышцы, прикрепляющиеся к костям, обуславливают движения человека.

Таким образом, подвижно соединенные кости скелета под действием мышц обеспечивают двигательную функцию.

# Механические свойства мышцы

- **Упругость** проявляется в возникновении напряжения в мышце при ее деформации под действием нагрузки.
- **Вязкость** – в замедлении деформации внутренними силами (жидким трением, молекулярными силами).
- **Ползучесть** – это свойство мышцы изменять с течением времени соотношение “длина – напряжение”: нагруженная (напряженная) мышца имеет соответствующую длину; через некоторое время при тех же нагрузке и напряжении эта длина увеличивается.
- **Релаксация** заключается в том, что растянутая мышца, сохраняя длину, постепенно с течением времени уменьшает свое напряжение, расслабляется.

Функция скелетных мышц состоит в том, чтобы своим напряжением создать силы тяги, приложенные к противоположным **местам** ее прикрепления и сблизить или удалить их друг от друга. При этом мышца может работать в следующих режимах:

- Если внешнее сопротивление относительно мышцы препятствует сближению ее концов, то чтобы преодолеть его в мышце развивается напряжение она укорачивается и места прикрепления мышцы сближаются это **преодолевающий режим работы**).
- Если сопротивление непреодолимо но расположение костей, к которым прикреплена мышца и ее длина и напряжение, остается неизменными это **изометрический, удерживающий режим работы**).
- Если действие внешней силы больше, чем действие силы тяги мышцы, и под действием этой силы несмотря на напряжение она удлиняется, растягивается это **уступающий режим работы**.

**Силы, приложенные к телу и вызывающие его деформации, называются нагрузками.**

**Различают:**

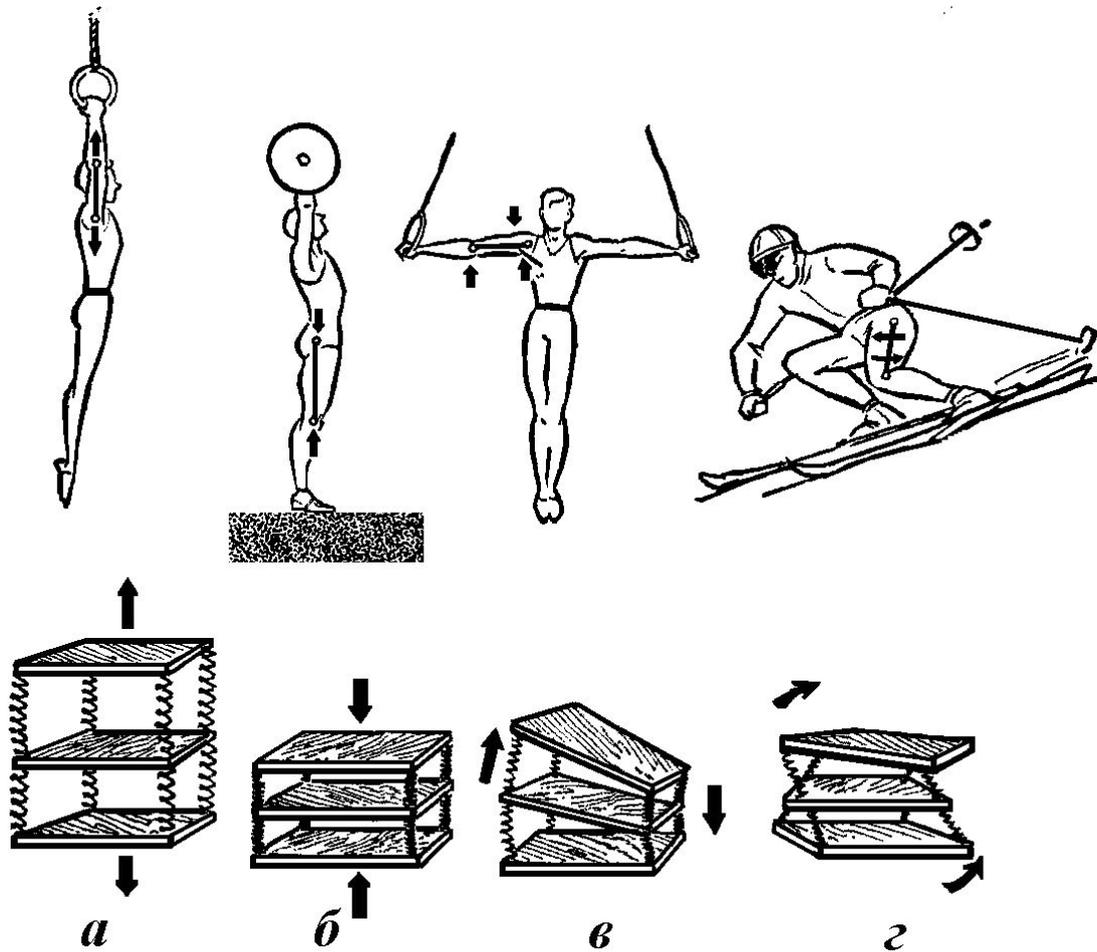
**нагрузки на растяжение,**

**нагрузки на сжатие,**

**нагрузки на изгиб,**

**нагрузки на кручение**

# Виды нагрузок



- С позиций теории механизмов и машин части тела человека, имеющие подвижные соединения, принято рассматривать как звенья, составляющие **биокинематические пары и цепи**. Соединения звеньев в биокинематических цепях обуславливают многообразие возможностей.
- **Кинематическая пара – это подвижное соединение двух звеньев**. Способ соединения накладывает ограничения (связи) на относительное движение (степени связи); наличие подвижности в соединении предоставляет звеньям определенные возможности относительного движения (степени свободы движения).

# степени свободы движения

Движение свободного тела возможно в трех основных направлениях – вдоль осей координат, а также вокруг этих трех осей т.е. оно имеет **6 степеней свободы движения.**

При закреплении одной точки тела, снимается 3 степени свободы: тело не сможет двигаться вдоль трех осей координата а только вращается вокруг этих осей, т. е. имеет **три степени свободы.**

При закреплении двух точек в теле возможно вращение лишь вокруг линии (оси), проходящей через обе точки т. е. имеет **одну степень свободы.**

# Кинематические цепи

**Кинематическая цепь** – это последовательное или разветвленное соединение ряда кинематических пар.

**Цепь в которой конечное звено свободно, называют незамкнутой кинематической цепью.** Движения в незамкнутых цепях характеризуются относительной независимостью звеньев и большой свободой движения дистальных отделов.

**Цепь, в которой нет свободного конечного звена называют замкнутой.** Движения одних звеньев влияют на движения даже отдаленных звеньев (помогают или мешают). В

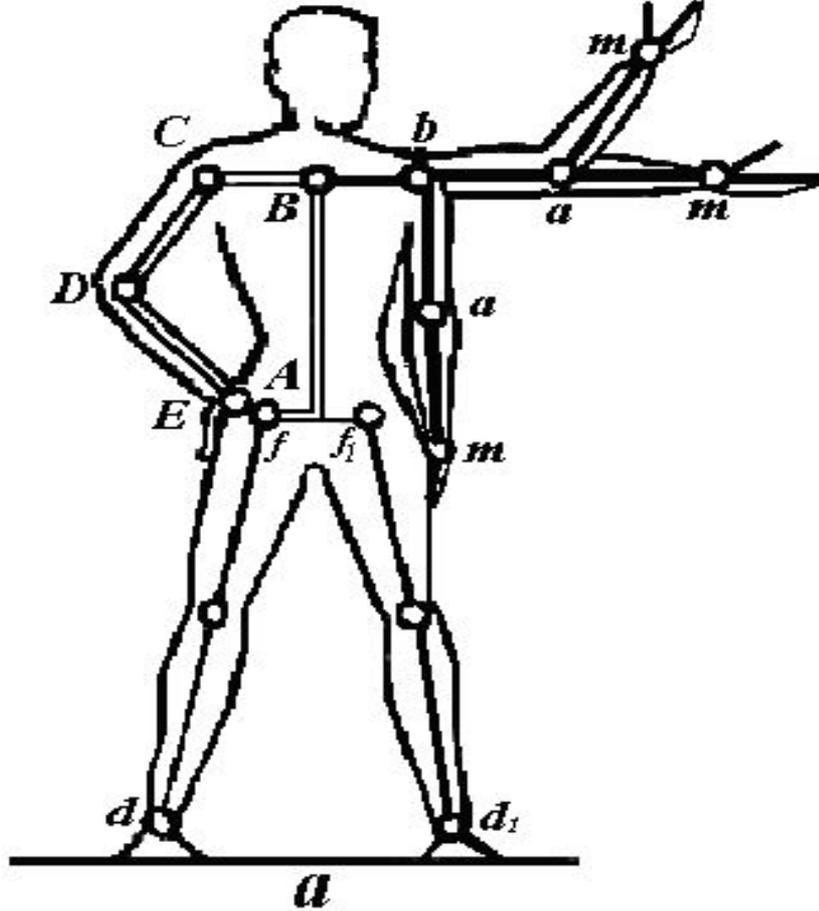


Рис. 4.3. Кинематические цепи тела:  
 а – виды цепей:  $bat$  – незамкнутые,  $ABCDE$  – замкнутая на себя,  $dff_1d_1$  – замкнутая через опору;  
 б – взаимосвязь движений в замкнутой цепи.

- *Звенья тела, подвижно соединенные в суставах под действием приложенных сил, – могут либо сохранять свое положение, либо изменять его. Они являются костными рычагами и служат для передачи усилия, осуществления движения и выполнения механической работы.*
- *Рычаг – это любое твердое тело, имеющее точку опоры (ось вращения) и способное поворачиваться вокруг нее.*

**Рычаг – это любое твердое тело, имеющее точку опоры (ось вращения) и способное поворачиваться вокруг нее.**

**Каждый рычаг имеет следующие элементы:**

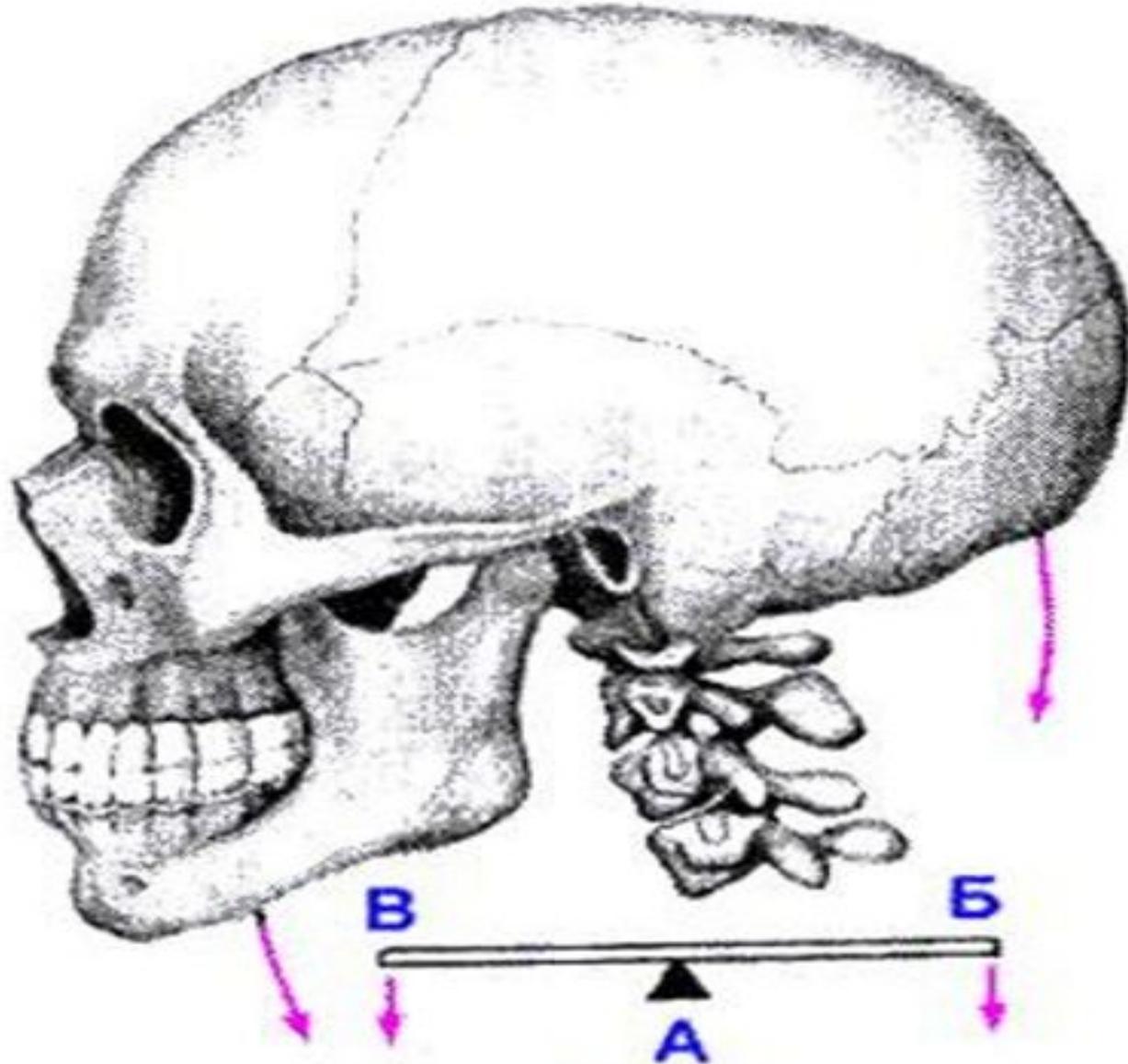
**а) точку опоры (0) или ось вращения,**

**б) точки приложения сил,**

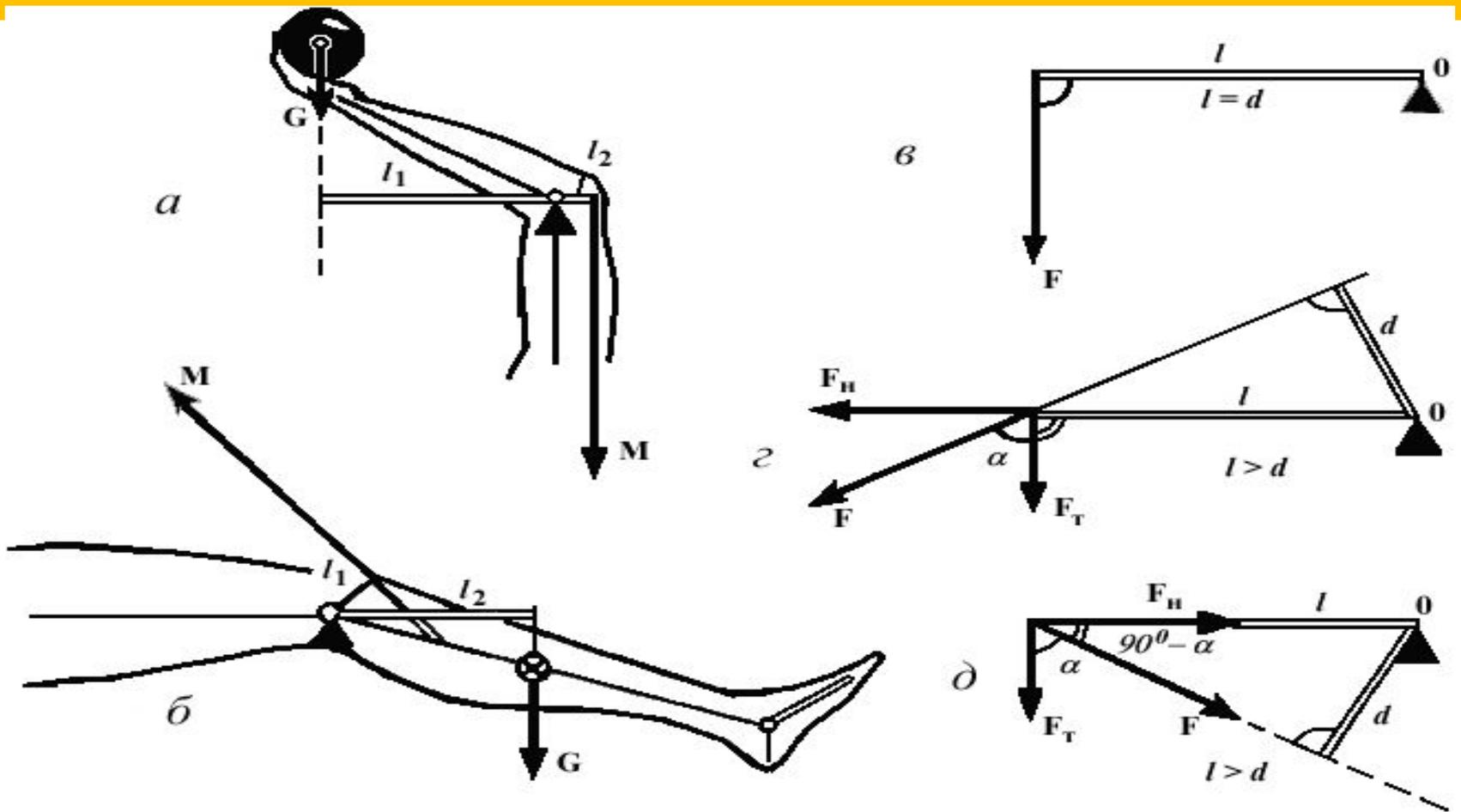
**в) плечи рычага (расстояния от точки опоры до точек приложения сил – l),**

**г) плечи сил (расстояния от точки опоры до линий действия сил.**

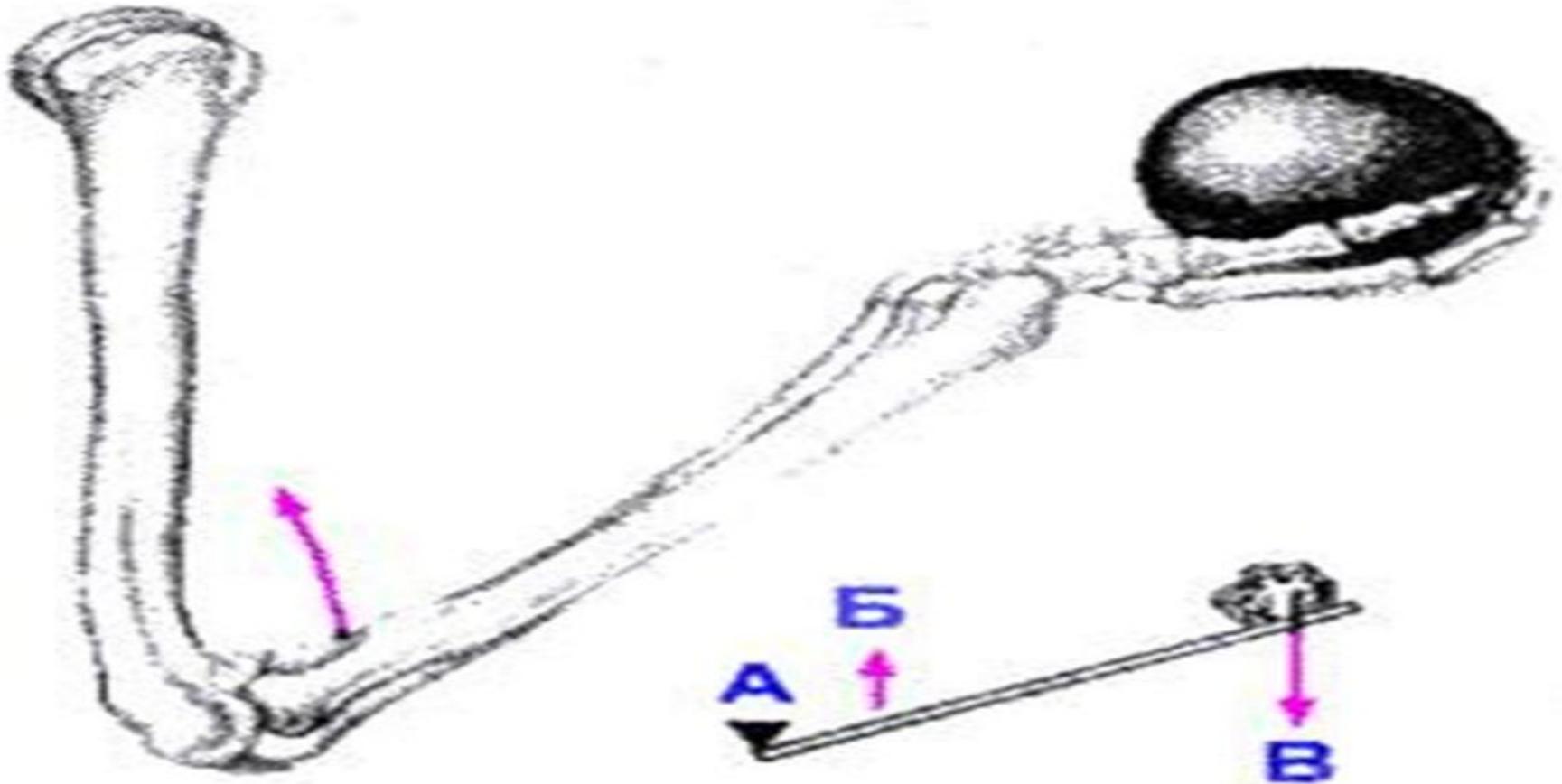
# Примером рычага первого



# Виды рычагов



# рычаги третьего рода.



- **Золотое правило механики гласит: приобретаешь в силе - теряешь в скорости, приобретаешь в скорости - теряешь в силе. Рычажное устройство двигательного аппарата дает человеку возможность выполнять дальние броски, сильные удары и т. п. Но ничто на свете даром не дается. Мы выигрываем в скорости и мощности движения ценой увеличения силы мышечного сокращения. Поэтому рычаги можно разделить на силовые и скоростные.**

# **Положение тела человека определяется:**

- 1) местоположением,**
- 2) ориентацией относительно системы отсчета,**
- 3) позой (взаимным расположением звеньев тела),**
- 4) отношением к опоре.**



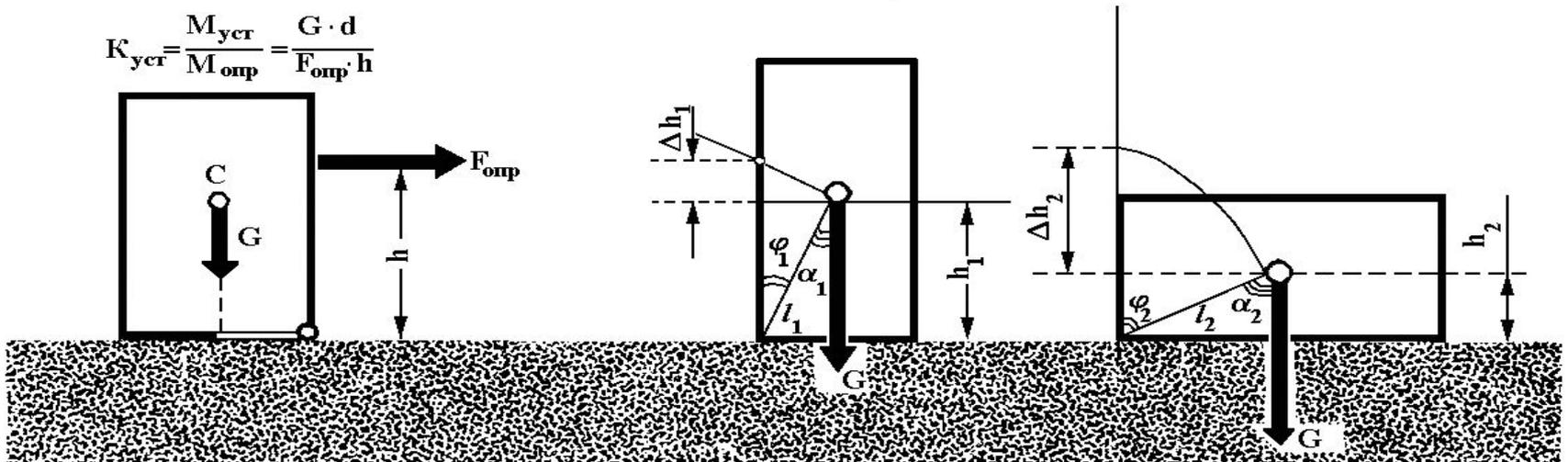
# Виды равновесия твердого тела

- а) **безразличное равновесие** – действие силы тяжести не изменяется;
- б) **устойчивое** – оно всегда возвращает тело в прежнее положение (возникает момент устойчивости);
- в) **неустойчивое** – действие силы тяжести всегда вызывает опрокидывание тела (возникает момент опрокидывания);
- г) **ограниченно-устойчивое** – до потенциального барьера положения тела восстанавливается.

# Факторы степени

## устойчивости

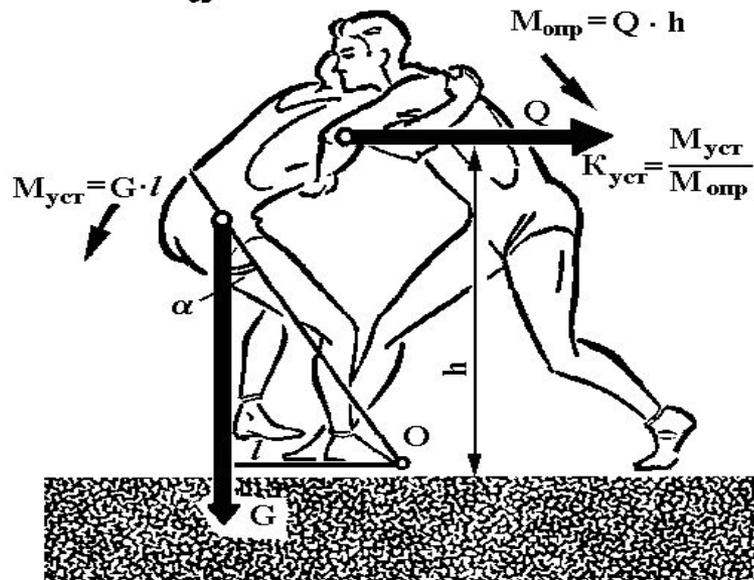
$$K_{уст} = \frac{M_{уст}}{M_{оуп}} = \frac{G \cdot d}{F_{оуп} \cdot h}$$



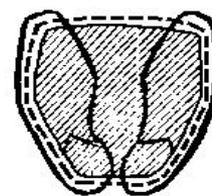
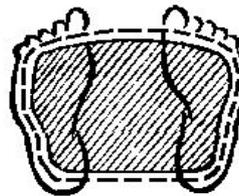
*a*

*б*

*в*



*г*



*д*

Сохранение положения тела спортсмена достигается при помощи следующих движений:

**Компенсаторные движения** направлены на предупреждение выхода ЦМ тела за пределы зоны сохранения положения при возмущающих воздействиях.

**Амортизирующие движения** уменьшают эффект действия возмущающих сил.

**Восстанавливающие движения** направлены на возвращение ЦМ тела в зону сохранения положения тела.

# Задание к контрольной работе

- **Цель: научиться определять некоторые биомеханические характеристики.**
1. С помощью цифровой видеокамеры, цифровой фотокамеры или мобильного телефона отснять одетого в спортивную форму человека, выполняющего какое-нибудь (лучше специальное или соревновательное) упражнение. Измерить рост-Нсм, вес-Ркг и расстояние между центрами тазобедренного и коленного суставов – Lсм исполнителя. При возможности отснятый видеоматериал выполненного упражнения записать на диск и сохранить его для лабораторных занятий.

# Ход работы

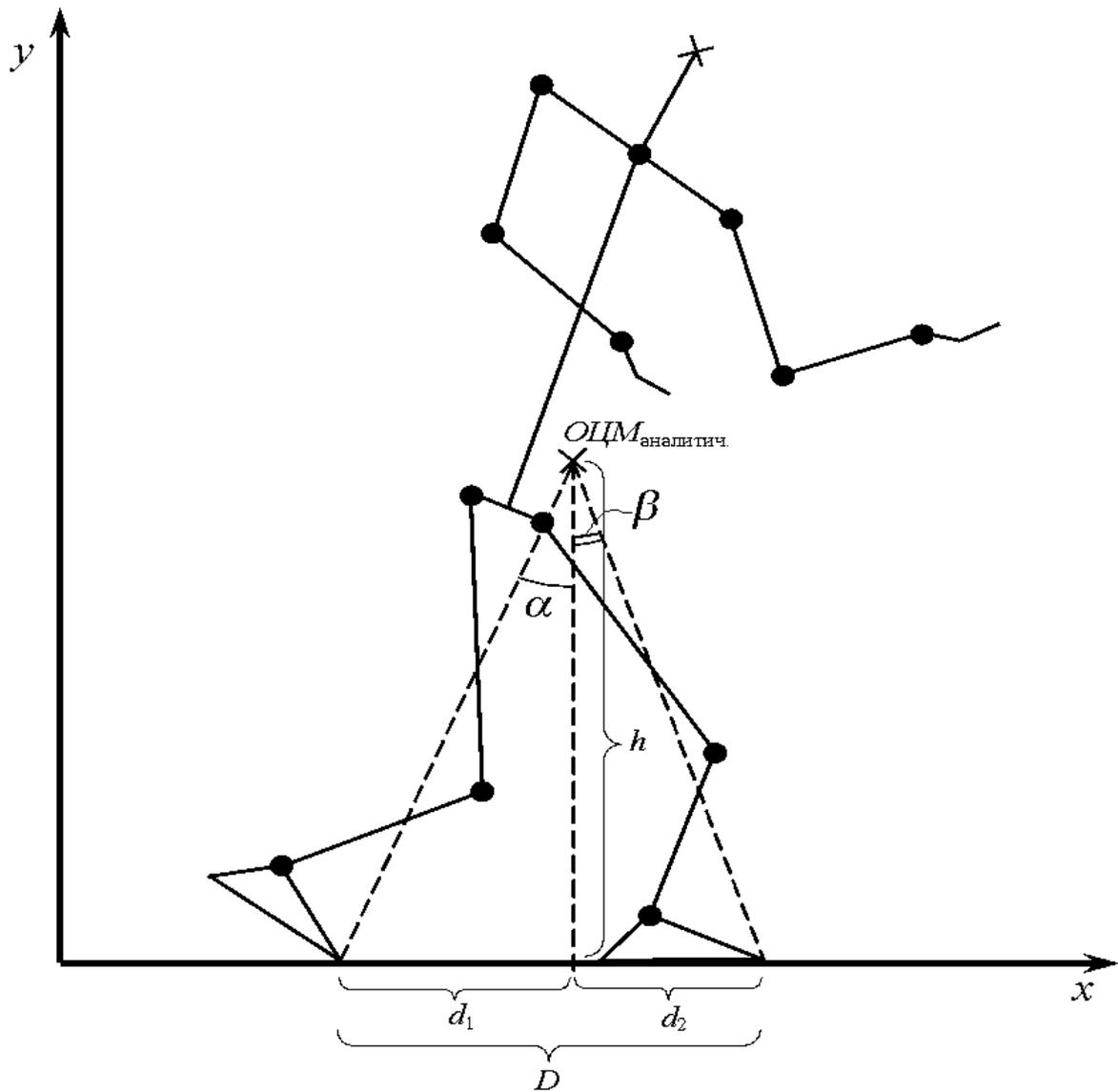
2. Через компьютер выбрать из отснятого видеоматериала наиболее значимую для результата упражнения позу исполнителя, распечатать выбранное изображение в виде фотографии, размером минимум (10\*15)см (рисунок 1).





# Нахождение координат

3. На фотографии приблизительно отметить 19 основных точек тела человека, провести около позы прямоугольную систему координат, определить с помощью линейки координаты отмеченных точек в мм и записать их в таблицу 1.



# ОСНОВНЫЕ ТОЧКИ ТЕЛА

№ точки	Основные точки тела	X мм	У мм
1	центр головы	10	33
2	правый плечевой сустав	9	30
3	правый локтевой сустав	9	26
4	правый лучезапястный сустав	10	22
5	центр правой кисти	9	20
6	левый плечевой сустав	12	29
7	левый локтевой сустав	14	27
8	левый лучезапястный	17	22
9	центр левой кисти	18	20
10	правый тазобедренный сустав	13	19
11	правый коленный сустав	11	12
12	правый голеностопный сустав	14	4
13	правый пяточный бугор	16	3
14	кончик правой стопы	10	2
15	левый тазобедренный сустав	15	18
16	левый коленный сустав	12	13
17	левый голеностопный сустав	17	13
18	левый пяточный бугор	17	15
19	кончик левой стопы	19	11

4. На пересечении  $x$  и  $y$  – абсциссы и ординаты каждой из основных точек тела человека проставить следующие номера ;

- 1 - центра головы;
- 2,6 – центры правого и левого плечевых суставов;
- 3,7 - центры правого и левого локтевых суставов;
- 4,8 - центров правого и левого лучезапястных суставов;
- 5,9 – центров правой и левой кистей;
- 10,15 - центров правого и левого тазобедренных суставов;
- 11,16 - центров правого и левого коленных суставов;
- 12,17 - центров правого и левого голеностопных суставов;
- 13,18 – правого и левого пяточных бугров;



# Общий центр тяжести тела (ОЦТ)

## Формулы для расчета центра тяжести тела

$$\begin{aligned} \text{Хоцт} = & [7 * X_1 + 13,63 * (X_2 + X_6) + 2,57 * (X_3 + X_7) + \\ & 0,84 * (X_4 + X_8) + X_5 + X_9 + 16,18 * (X_{10} + X_{15}) + \\ & + 8,18 * (X_{11} + X_{16}) + 2,1 * (X_{12} + X_{17}) + 1,12 * (X_{13} \\ & + X_{18}) + 0,88 * (X_{14} + X_{19})] / 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Уоцт} = & [7 * Y_1 + 13,63 * (Y_2 + Y_6) + 2,57 * (Y_3 + Y_7) + \\ & 0,84 * (Y_4 + Y_8) + Y_5 + Y_9 + 16,18 * (Y_{10} + Y_{15}) + \\ & + 8,18 * (Y_{11} + Y_{16}) + 2,1 * (Y_{12} + Y_{17}) + 1,12 * (Y_{13} \\ & + Y_{18}) + 0,88 * (Y_{14} + Y_{19})] / 100 \end{aligned}$$

## 6. Найти масштаб анализируемого положения тела

Измерив линейкой рост исполнителя на фотографии- $h$  см, определить её масштаб  $M=N/h$ , показывающий – во сколько раз расстояния между точками на изображении исполнителя меньше расстояний между этими же точками в действительности. Измерить расстояние между центрами тазобедренного и коленного суставов исполнителя на фотографии–  $\ell$  см, умножить его на  $M$  и полученное произведение  $M*\ell$  сравнить с действительным расстоянием между этими точками  $L$  из пункта 1. Разница между  $M*\ell$  и  $L$  будет иллюстрировать точность определения

## 7. По формулам найти вес его ноги и определить, какой процент её вес составляет от веса всего тела

- $P_{\text{бедра}} = -2,649 + 0,1463 * P + 0,0137 * H$   
(5),
- $P_{\text{голени}} = -1,592 + 0,03616 * P + 0,0121 * H$   
(6),
- $P_{\text{стопы}} = -0,829 + 0,0077 * P + 0,0073 * H$   
(7),
- $P_{\text{ноги}} = P_{\text{бедра}} + P_{\text{голени}} + P_{\text{стопы}}$   
(8),
- $P_{\text{ноги}} \% = P_{\text{ноги}} / P * 100 \%$ .

**8. С помощью транспортира измерить в градусах на фото угол  $\beta$  в коленном суставе любой ноги и выразить своё мнение по правильности его величины для данной позы.**

## ВЫВОД

- **9. Провести визуальный анализ отснятого варианта исполнения выбранного упражнения, указав основные ошибки исполнителя в целом и в рассматриваемой позе в частности.**