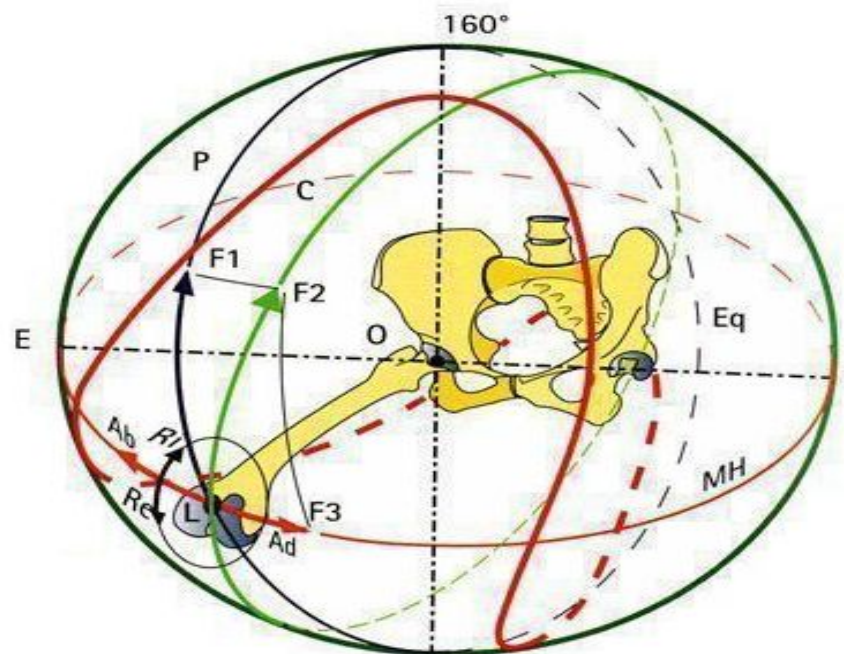
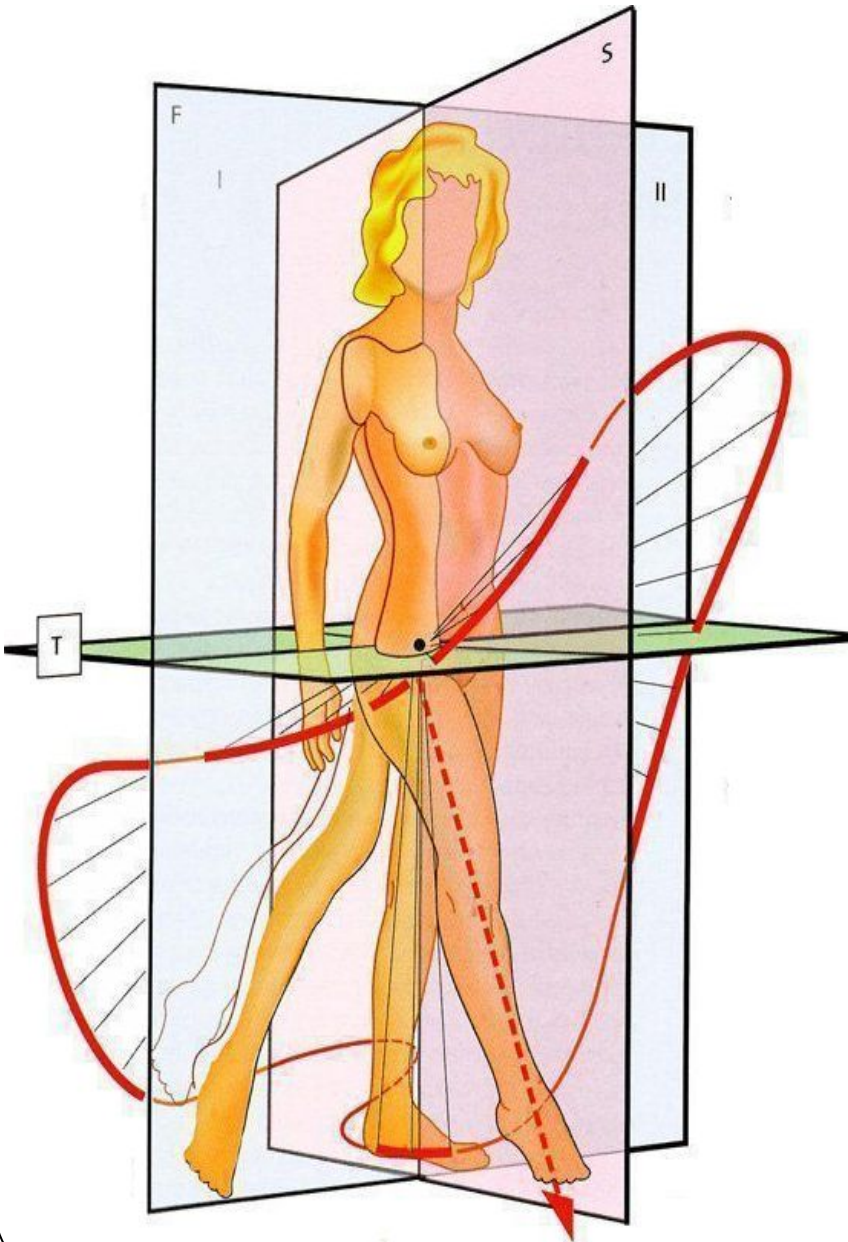




ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ЛИЦЕНЗИРОВАННОЕ  
— ОБРАЗОВАНИЕ —

# Биомеханика



# Цели и задачи учебного блока

## Цель:

- 1) Формирование общих представлений учащихся об Истории развития биомеханики, разобрать механические свойства опорно-двигательного аппарата и способы влияния на них при помощи рычагов и внешних сил.
- 2) Научиться использовать полученные знания для более глубокого понимания тренировочных процессов и способов влияния на мышцы, с целью повышения эффективности к физическим нагрузкам и снижения рисков травматизма.

## Задачи курса:

- 1) Изучить основные понятия и термины связанные с Биомеханикой.
- 2) Разобрать и усвоить основные закономерности механики.
- 3) Изучить Рычаги и плечи сил, для более эффективного достижения необходимых тренировочных задач.
- 4) Изучить механическую модель мышцы и механические свойства мышц.

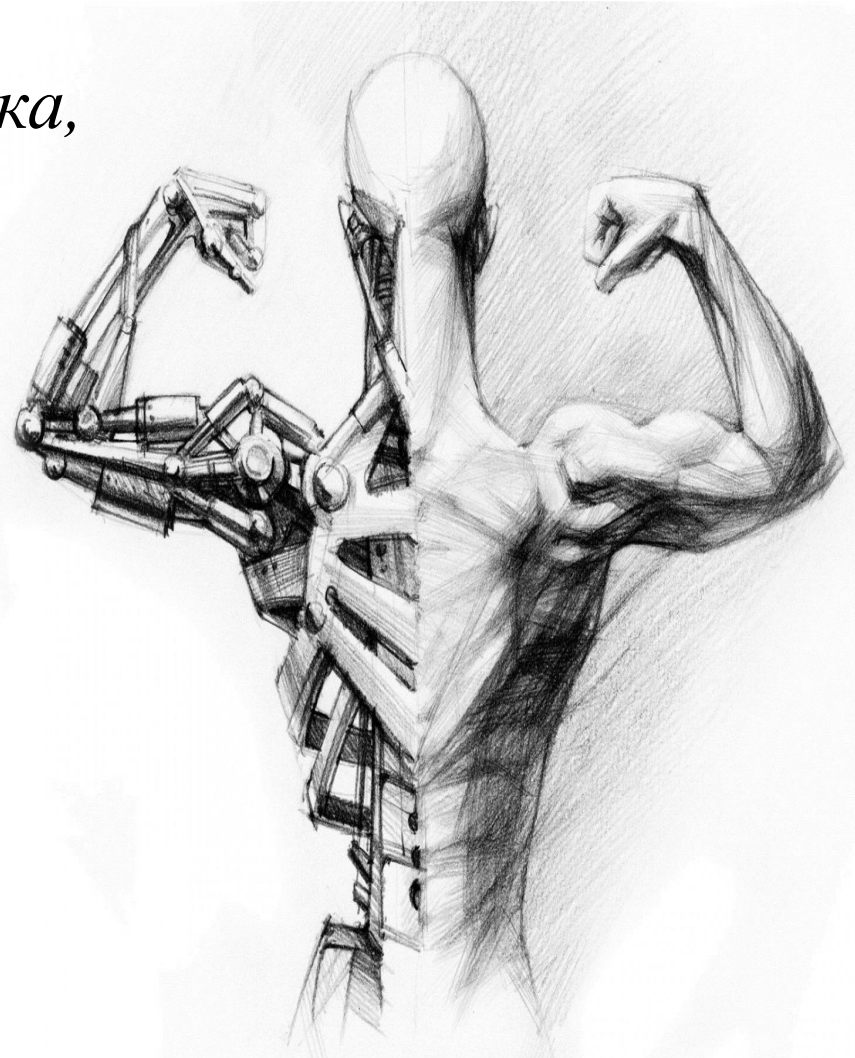
# Содержание

- 1. История развития Биомеханики*
- 2. Оси и плоскости*
- 3. Биомеханическая модель человека*
  - 3.1 Биомеханика ОДА*
  - 3.2 Виды Нагрузок на ОДА*
  - 3.3 Прочность костей*
- 4. Виды мышечного сокращения*
- 5. Механическая модель мышцы*
- 6. Свойства мышечной ткани*
- 7. Показатель тренировочной нагрузки*
- Выводы*

# Определения

*Биомеханика – смежная наука,  
на «стыке» двух наук:*

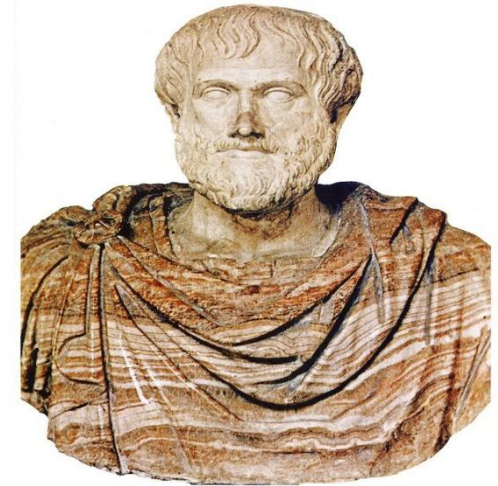
- **Биологии** – науки о жизни
- **Механики** – науки о механическом движении материальных тел и происходящих при этом взаимодействиях между телами



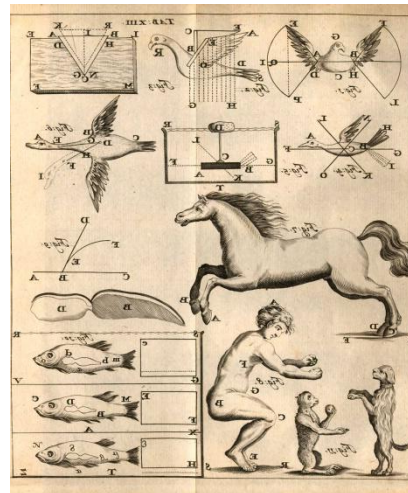
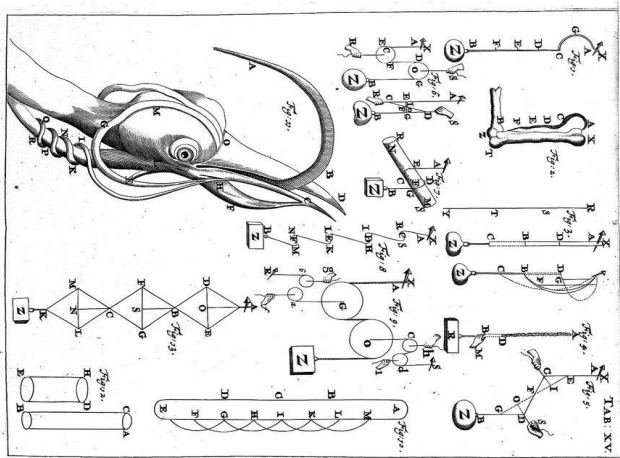
# История развития

Движения живых существ интересовали человека с давних времен. Многие древнегреческие ученые заложили основы науки о движениях человека и животных.

**Аристотель** (384-322 до н.э.) – выдающийся греческий ученый, предпринял первые попытки классификации движений животных и человека. Он пытался понять значение реакции опоры при ходьбе, считал целесообразным сгибание ноги в колене в фазу опоры, так как это позволяло уменьшить вертикальные колебания туловища. Аристотель может считаться первым биомехаником.

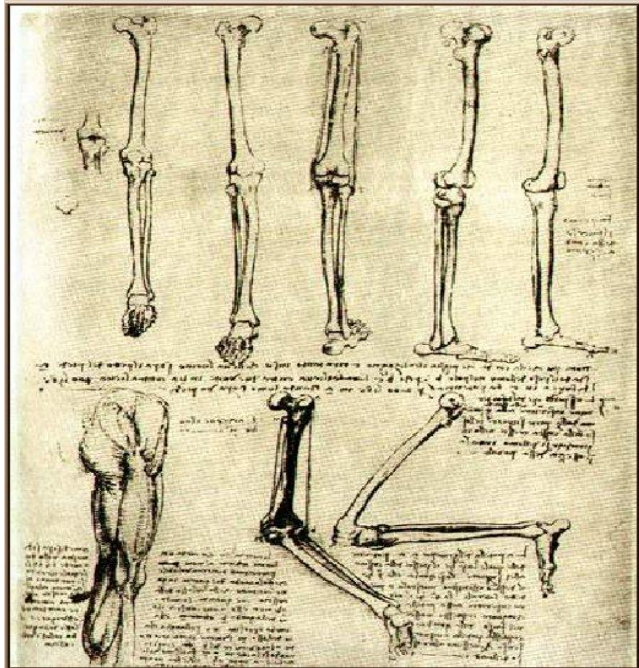
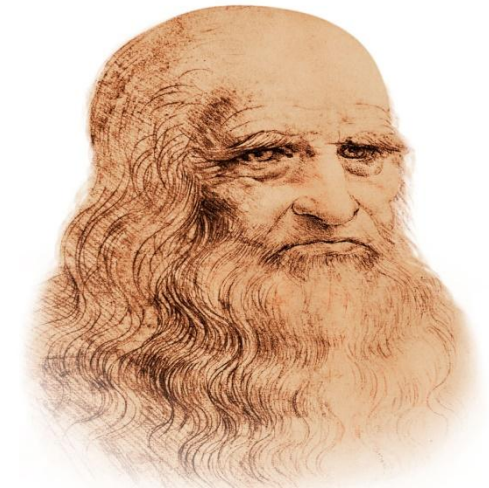


Написал трактат:  
**«De Motu Animalium»** –  
**«Движения животных».**



# История развития

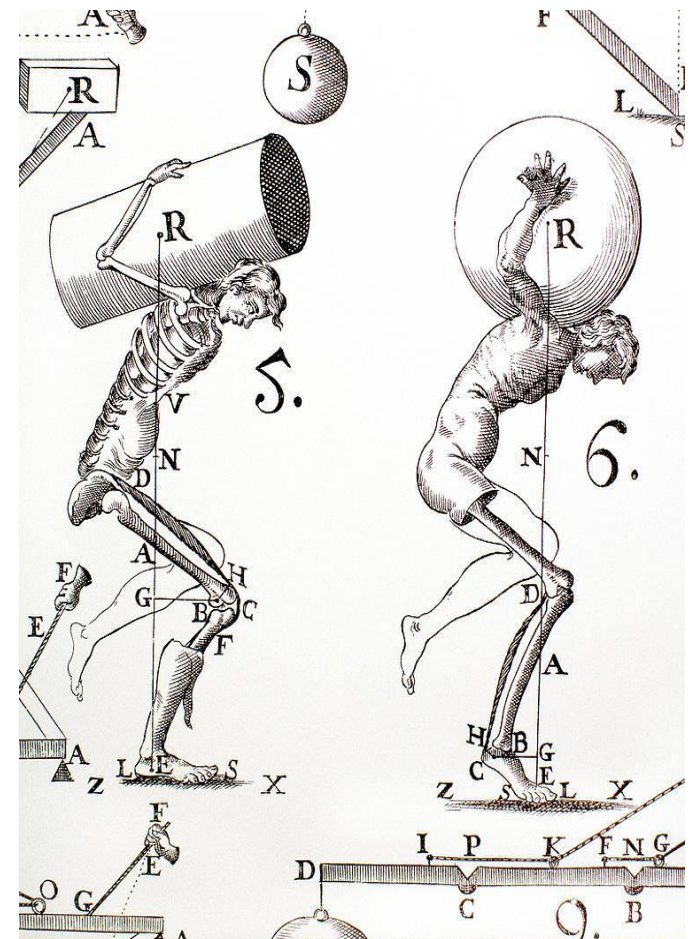
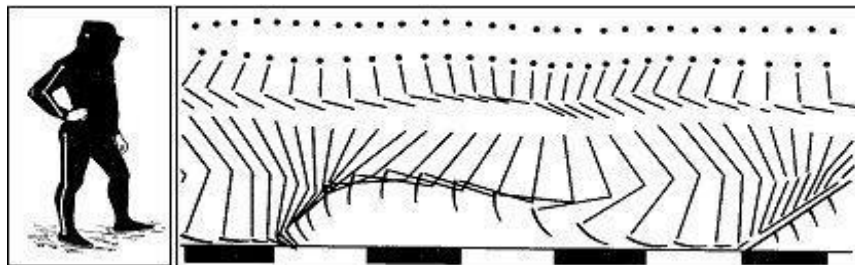
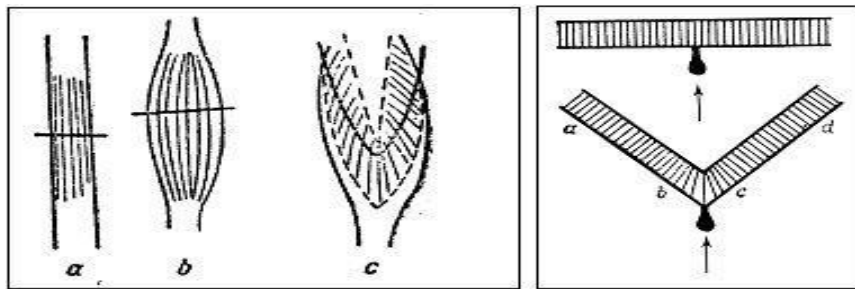
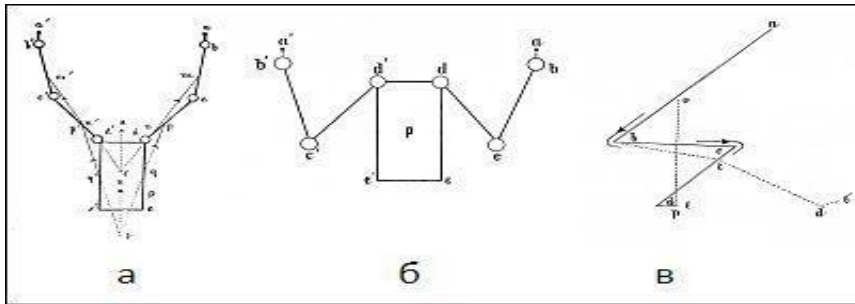
**Леонардо да Винчи** (1451 – 1519) – выдающийся итальянский живописец, скульптор, архитектор, учёный и инженер. Благодаря его работам биомеханика сделала свой следующий шаг. Леонардо особенно интересовался строением человеческого тела в связи с движением. Он описал механику тела при переходе из положения сидя к положению стоя, при ходьбе вверх и вниз, при прыжках.



Сохранилось огромное количество рисунков Леонардо да Винчи, посвященных исследованию расположения мышц и внутренних органов (Тетради по анатомии) Он писал: *«Наука механика потому столь благородна и полезна более всех прочих наук, что, как оказывается, все живые существа, имеющие способность к движению, действуют по ее законам»*

# История развития

В дальнейшем многие ученые такие как Джованни Альфонсо, Борелли Эдуарда, Эдуард и Вильгельм Вебер, Жак Луи Дагер, П.Ф. Лесгафт, И.М. Сеченов, А.А. Ухтомский, сделали много исследований и открытий которые внесли большой вклад в развитие биомеханики.

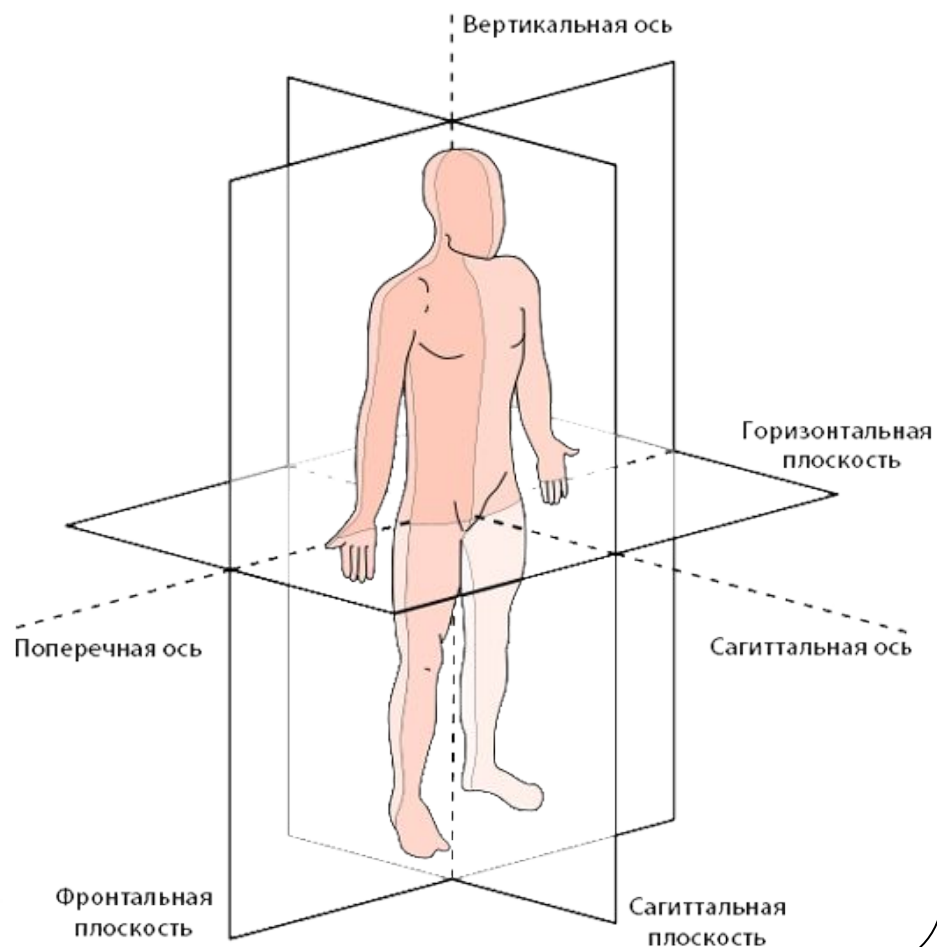
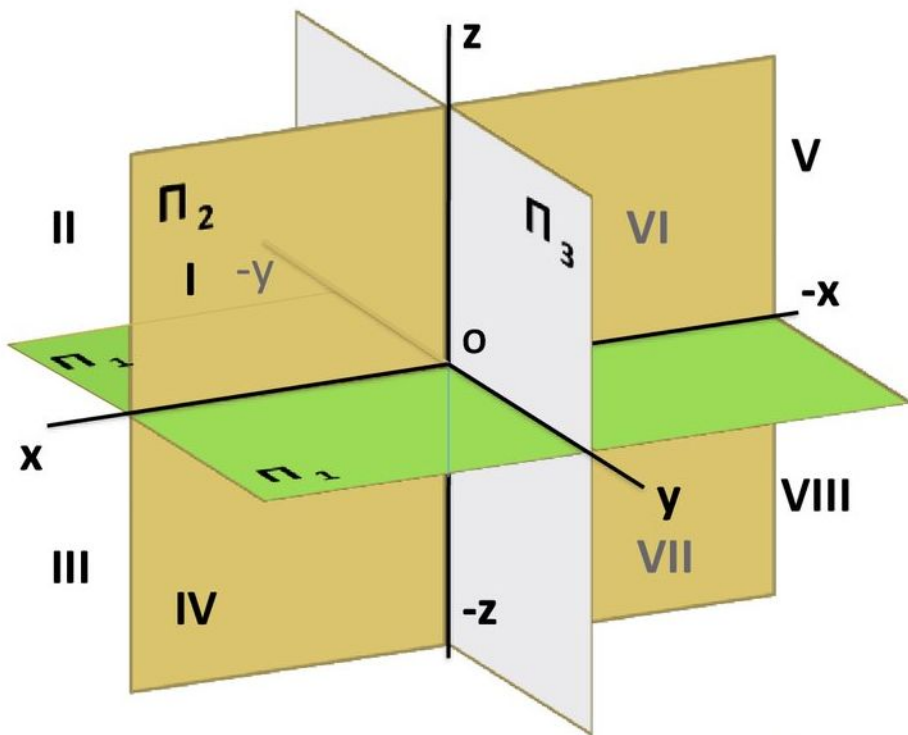




# Оси и плоскости тела человека.

При описании внешних форм тела и нахождения его в пространстве используют плоскости, принятые в системе прямоугольных Координат.

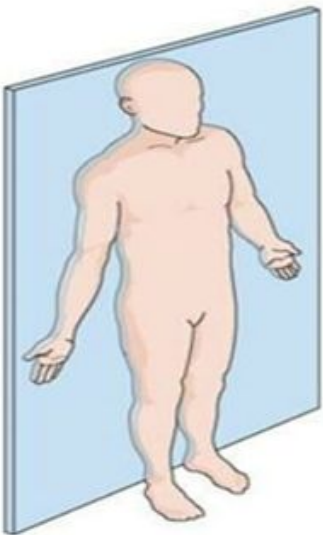
- Плоскость это поверхность содержащая каждую прямую которая соединяет любые 2 точки поверхности, которая имеет длину и ширину без толщины.



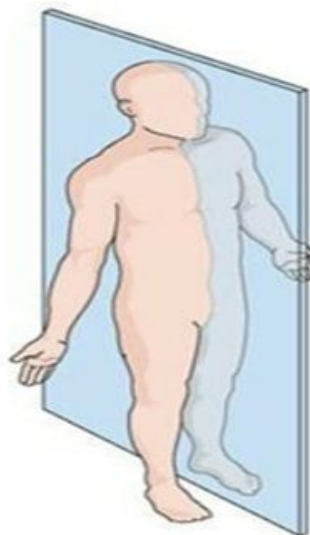
# Плоскости и оси

Для описания пространственного расположения органов или их частей через тело условно проводят три плоскости:

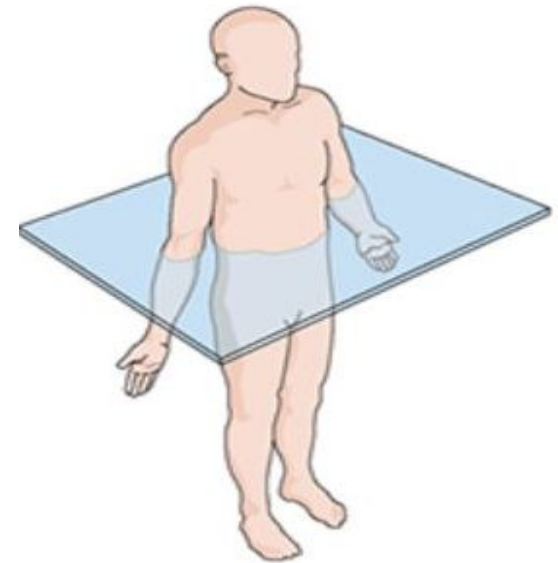
- a) Фронтальная** – проходит вертикально, параллельно лбу (от лат. frons – лоб), делит тело человека на переднюю и заднюю части.  
Движения во фронтальной плоскости: Отведение, Приведение
- b) Сагиттальная** – проходит вертикально спереди назад (от лат. sagitta – стрела), делит тело человека на правую и левую части.  
Движения в сагиттальной плоскости: Сгибание, Разгибание
- a) Горизонтальная** – проходит перпендикулярно первой и второй, делит тело человека на верхнюю и нижнюю части.  
Движения в горизонтальной плоскости: Вращение (Супинация, Пронация)



**a**

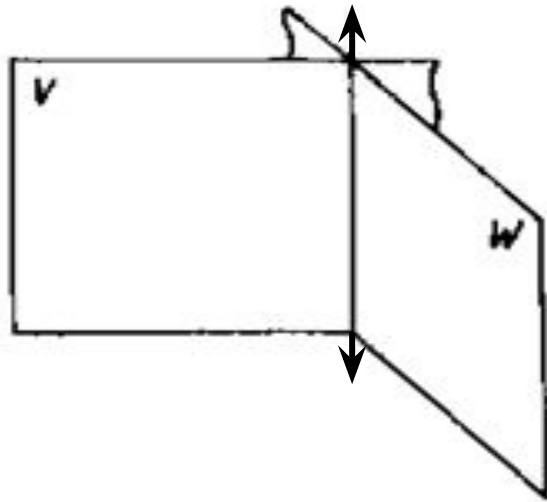


**b**



**c**

# Оси и плоскости тела человека

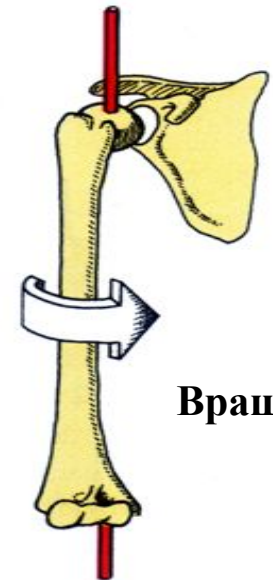
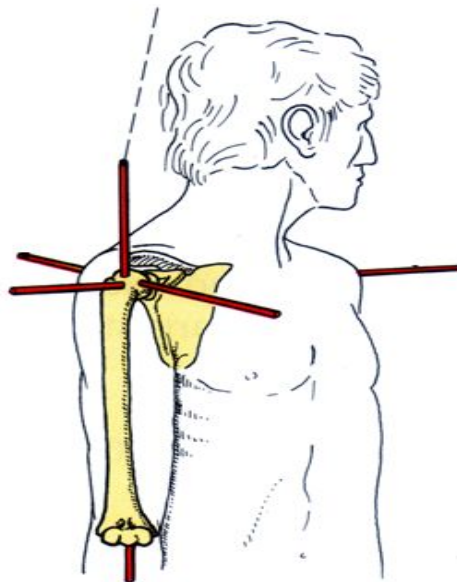
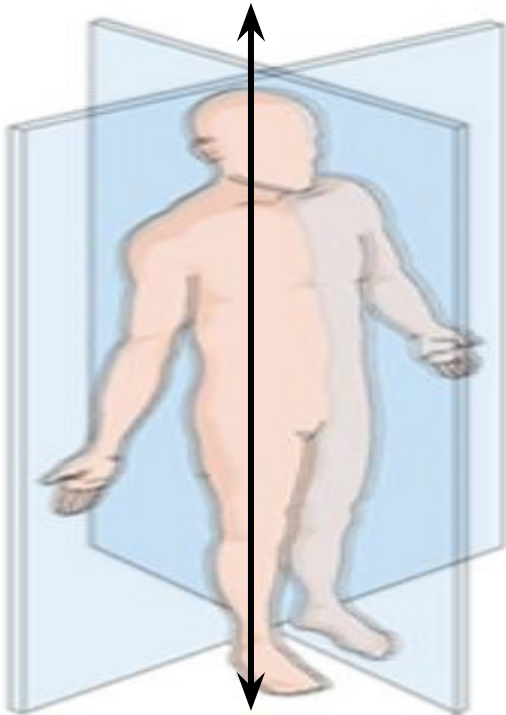


**Вертикальная ось** – образуется при пересечении сагиттальной и фронтальной плоскостей. Направлена вдоль тела стоящего человека.

Вокруг этой оси происходит:

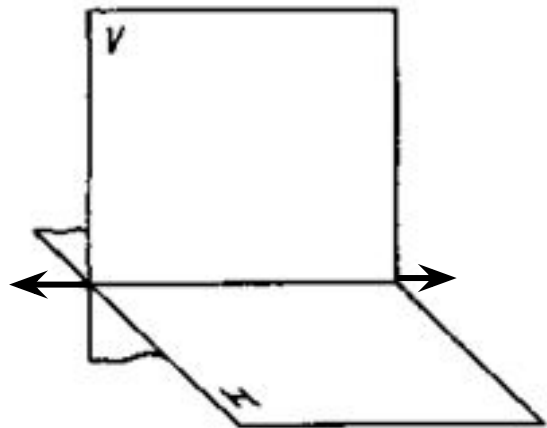
- Пронация
- Супинация,
- Повороты туловища и головы.

**Вертикальная ось**



**Вращение**

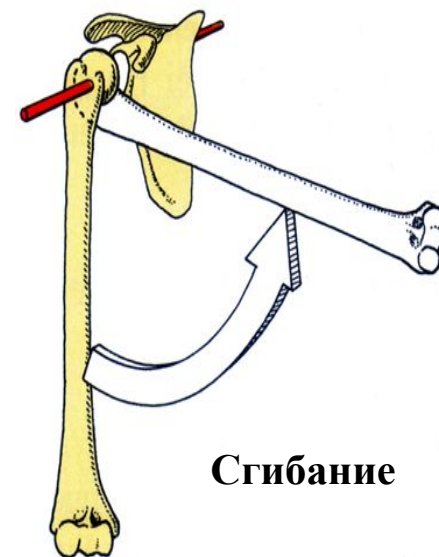
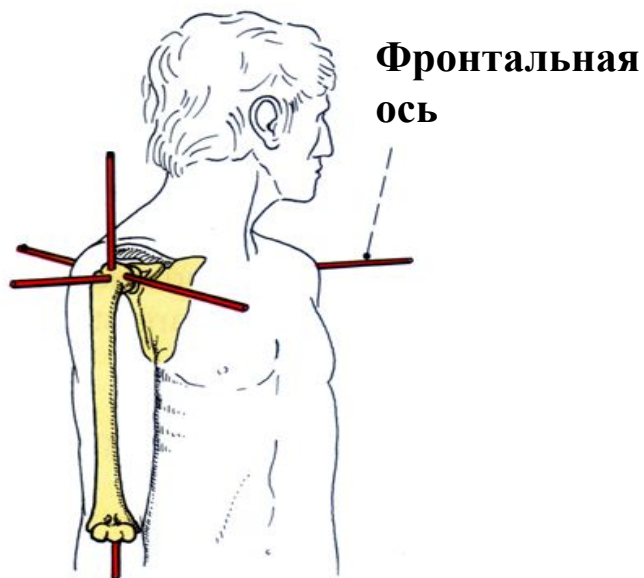
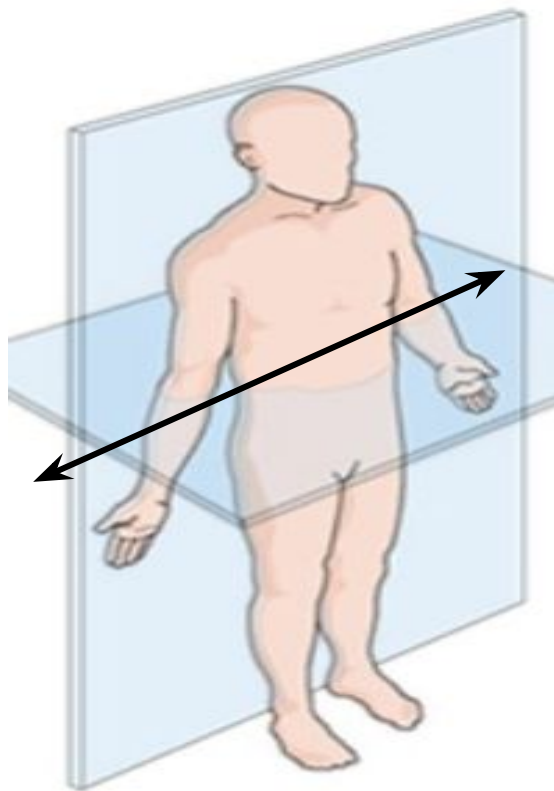
# Оси и плоскости тела человека



**Фронтальная ось** – образуется при пересечении фронтальной и горизонтальной плоскостей. Ориентирована слева направо или справа налево.

Вокруг этой оси происходит:

- Сгибание
- Разгибание.

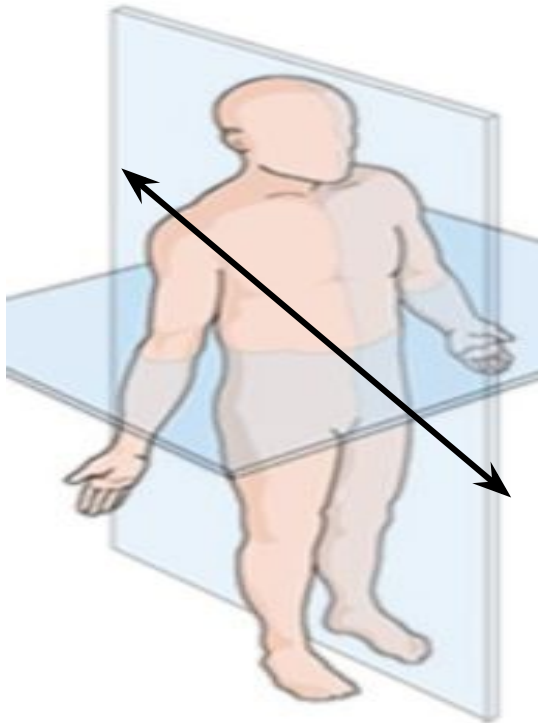
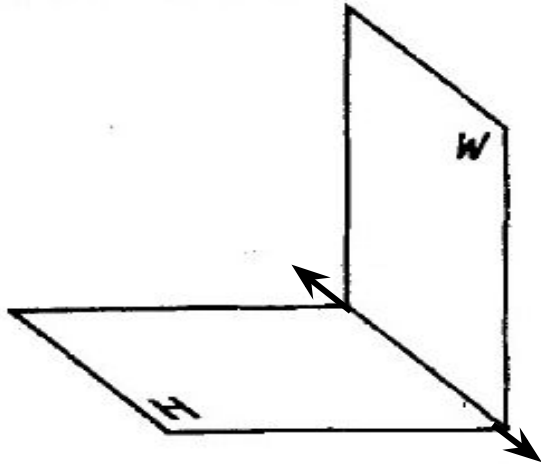


# Оси и плоскости тела человека

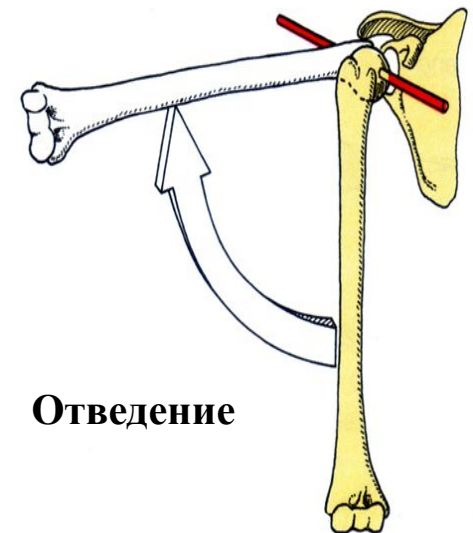
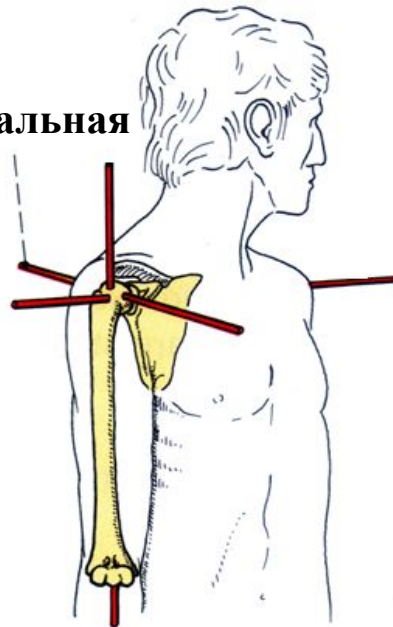
**Сагиттальная ось** – образуется при пересечении сагиттальной и горизонтальной плоскостей. Ориентирована в переднезаднем направлении.

Вокруг этой оси происходит:

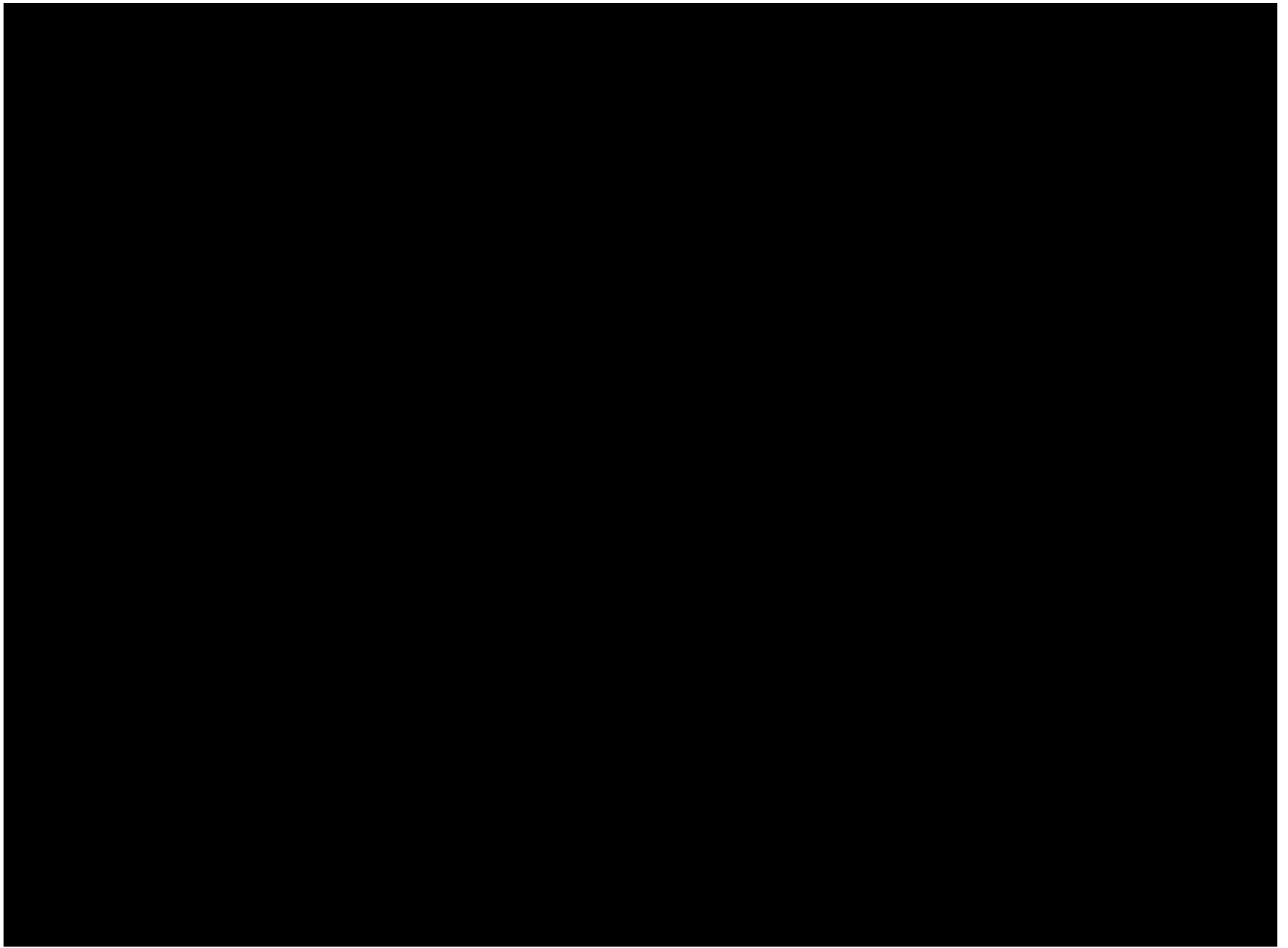
- Отведение
- Приведение
- Латеральное сгибание туловища



**Сагиттальная ось**

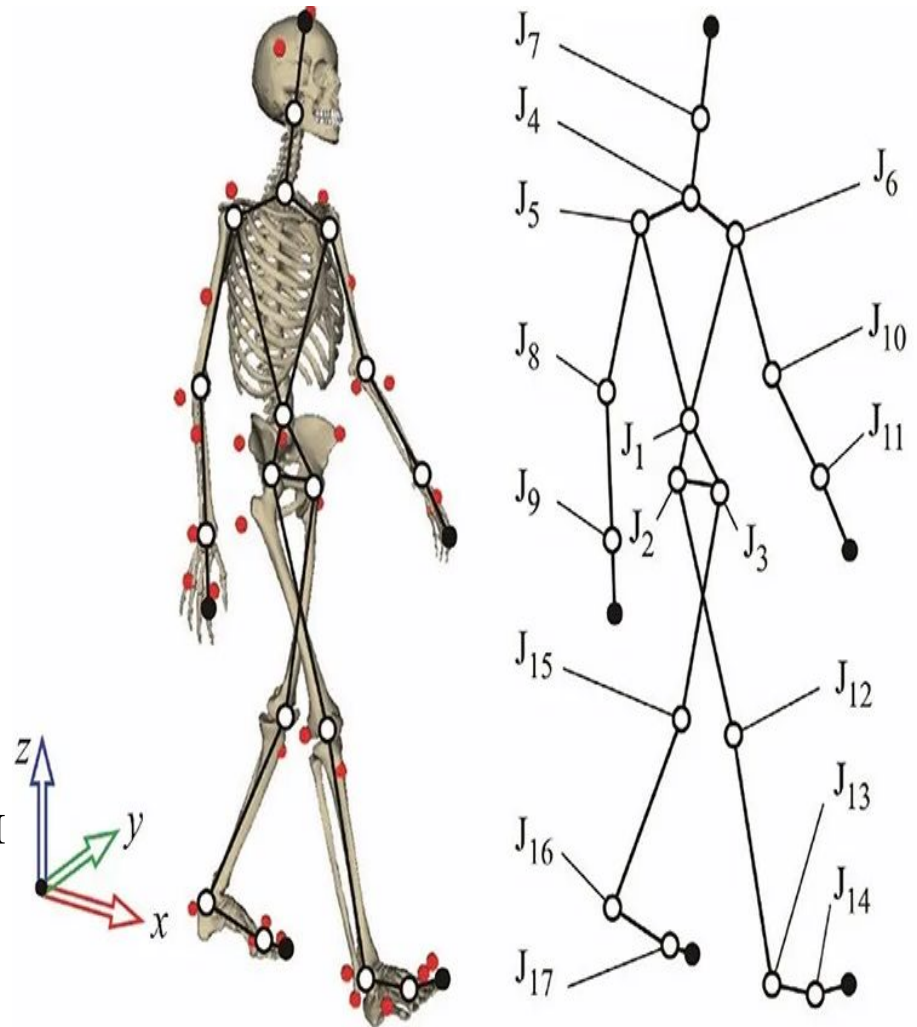


**Отведение**



# Биомеханическая модель человека

С точки зрения биомеханики, опорно-двигательный аппарат (ОДА) человека представляет собой управляемую систему подвижно соединенных тел, обладающих определенными размерами, массами, моментами инерции снабженных мышечными двигателями. А так же воздействием внешних сил или сил генерируемых мышцами на рычаги нашего тела.



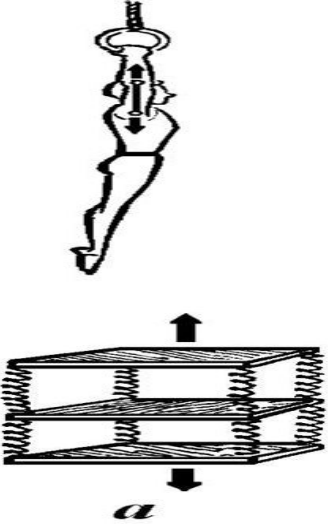
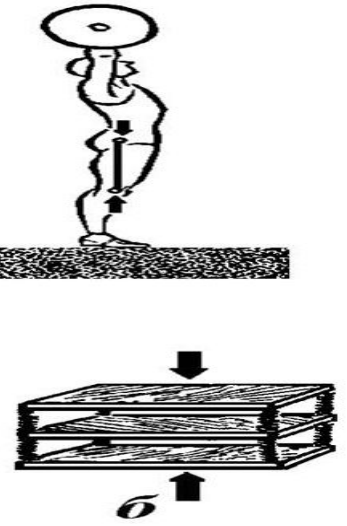
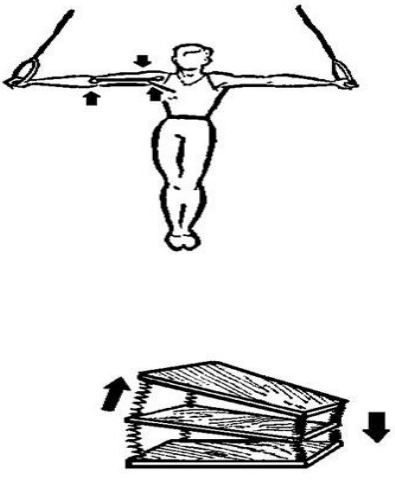
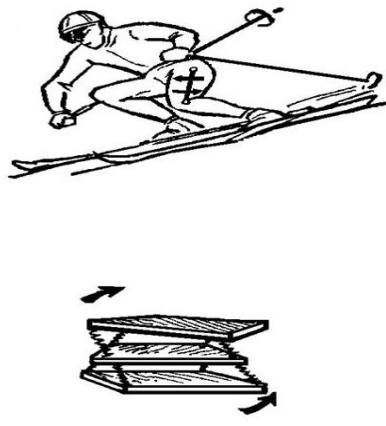
# Биомеханика ОДА

Согласно форме и местоположению связанных костных сегментов их соединения рассматривают сточки зрения механики и определяют силы которые на них влияют.





# Виды нагрузок на ОДА

			
<p>Нагрузки, обуславливающие <b>растяжение</b>,—это самые характерные нагрузки для мягких тканей. Они возникают, например, при висах (рис. а) или во время удержания груза в опущенных руках.</p>	<p>Нагрузки, создающие <b>сжатие</b> костей и хрящей, встречаются чаще при вертикальном положении тела на опоре. В этом случае на скелет действуют, с одной стороны, силы тяжести тела и вес внешних отягощений, а с другой —давление опоры ( рис. б).</p>	<p>Нагрузки, вызывающие <b>изгиб</b>, обычно встречаются, когда кости выполняют роль рычагов. В этих случаях приложенные к ним силы мышц и силы сопротивления направлены поперек костей и вызывают изгиб (рис. в).</p>	<p>Наконец, нагрузки, обуславливающие <b>кручение</b> чаще всего встречаются при вращательных движениях звена вокруг продольной оси (рис. с).</p>

# Прочность костей с возрастом

Возраст определяет соотношение *органических* и *минеральных веществ кости* и *механические свойства кости*.

- **Сопротивление сжатию** - в 5 раз больше, чем у железобетона.
- **Сопротивление разрыву** – сравнимо с чугуном 16-18 кН. Кость в целом выдерживает максимальное удлинение на 0,5-3%.
- **Сопротивление изгибу** меньше, чем сжатию или разрыву.

**Изменение прочности коркового вещества кости (в МПа) с возрастом.**

Прочность к нагрузкам	Возраст					
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
Растяжение	114	123	120	112	93	86
Сжатие	-	167	167	161	155	145
Изгиб	151	173	173	162	154	139
Кручение	-	57	57	52	52	49

«Средний возраст» обладает наибольшей прочностью к любым типам нагрузки

# Прочность костей

- Установлено, что прочность кости на растяжение почти равна прочности чугуна. При сжатии прочность костей еще выше. Самая массивная кость – большеберцовая (основная кость бедра) выдерживает силу сжатия в 16-18 кН.
- Менее прочны кости на изгиб и кручение.
- Прочность суставов, как и прочность костей, не беспредельна. Так, давление в суставном хряще не должно превышать  $350 \text{ Н/см}^2$ . При более высоком давлении прекращается смазка суставного хряща и увеличивается опасность его механического стирания.



Рис. Виды нагрузки: компрессия, растяжение, скручивание (срезающая нагрузка)

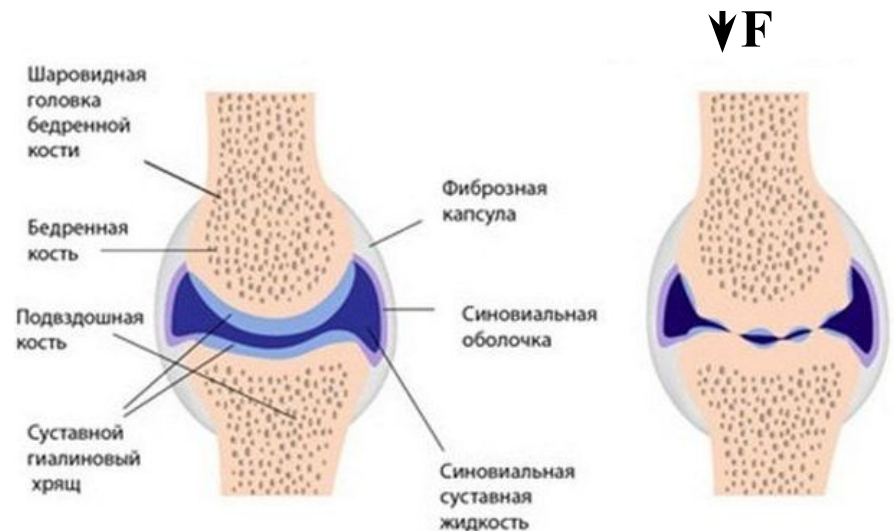


Рис. Сустав под осевой нагрузкой

# Прочность костей

Различают *эластическую* деформацию (обратимую деформацию кости) и *пластическую* (деформация, которая не исчезает после прекращения воздействия), которая развивается в результате механического напряжения.

*Упругость* (эластическая деформация) - свойство тел восстанавливать свои размеры, форму и объем после прекращения действия внешних сил или других причин, вызвавших деформацию тел.

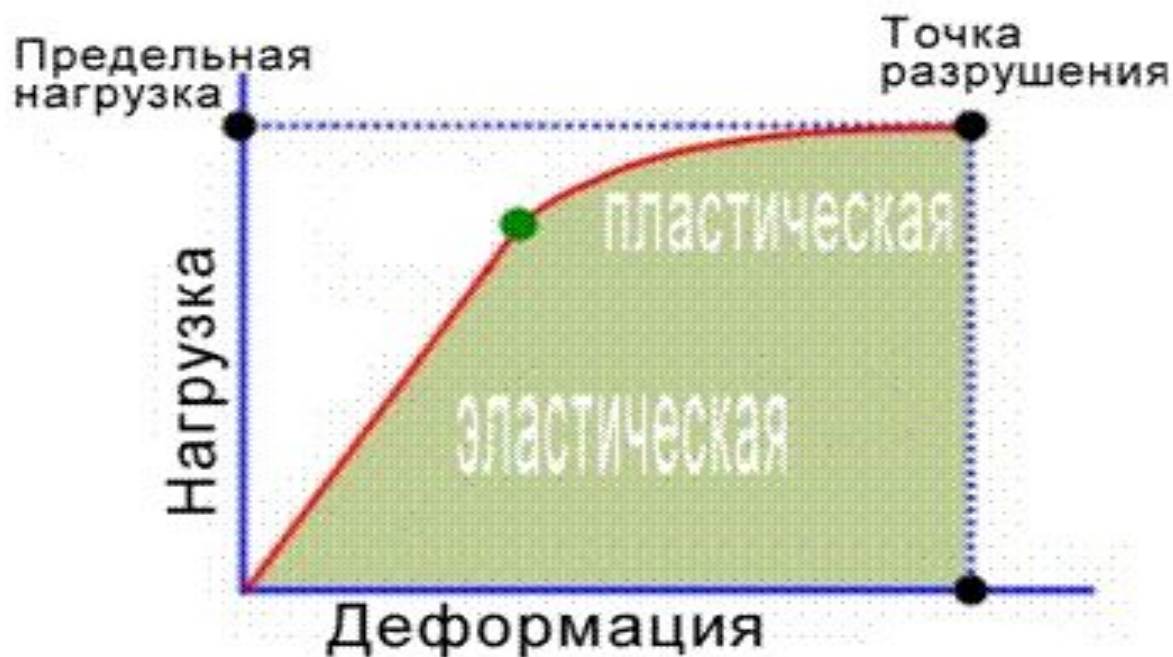


Рис. Кривая нагрузки – деформация кости

# Влияние физической нагрузки на ремоделирование костей

Однако регулярные тренировки приводят к гипертрофии костей. Так, у штангистов утолщаются кости ног и позвоночника, у теннисистов – кости предплечья и т.п.



Приложение внешней силы вызывает большее увеличение напряжения на вогнутой стороне кости, чем на выпуклой, что приводит к активации остеобластов.

С течением времени происходит резорбция кости на выпуклой стороне и отложение на вогнутой.

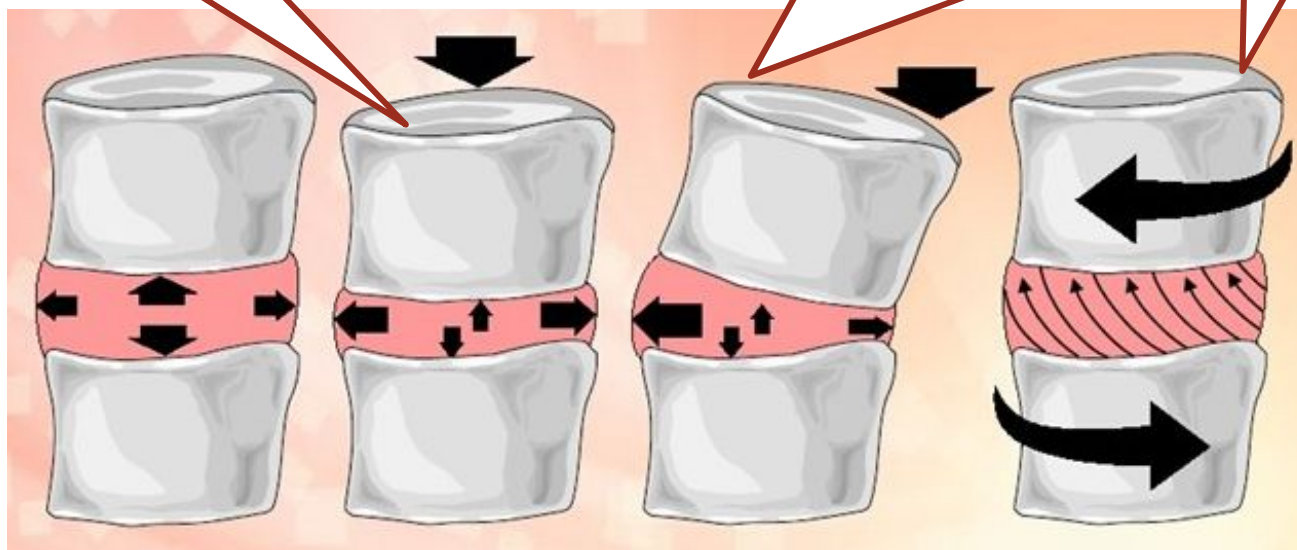
Конечный результат ремоделирования: новая форма кости соответствует изменённой нагрузке.

# Влияние нагрузки на форму и деформированность межпозвоночных дисков

Увеличение вертикальной нагрузки на позвоночник приводит к уплощению диска.

При сгибании/разгибании происходит одностороннее увеличение нагрузки и напряжения на вогнутой стороне, увеличение объёма диска на выпуклой стороне и смещение ядра диска в выпуклую сторону.

При кручении изменяется угол расположения волокон диска.



# Виды мышечного сокращения

Изометрический

Динамический  
(Ауксотонический)

Изокинетичнский

Уступающий  
(Эксцентрический)

Преодолевающий  
(Концентрический)



# Изометрическое сокращение

**Изометрическое сокращение** – это такой вид сокращения, *при котором напряжение в мышце возрастает, однако ее укорочения не происходит*. Данный вид сокращения характерен для статической работы мышц



- Пример такой работы — удержание гантели в руке, не меняя ее положения. В этом случае мышцы-сгибатели предплечья (двуглавая мышца плеча, плече-лучевая мышца и др.) не меняют своей длины.

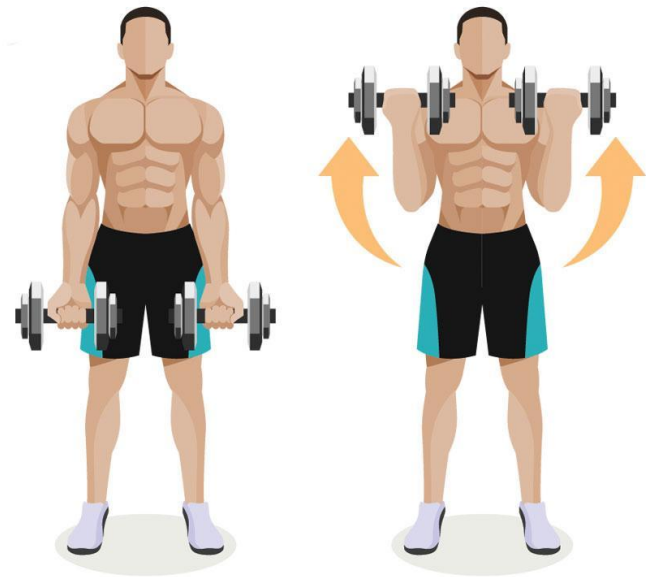




# Динамическое (Ауксотоническое) сокращение

Динамическое или Ауксотоническое сокращение - при котором *длина мышцы изменяется по мере увеличения ее напряжения.* Происходит как изменение длины, так и изменение напряжения

Именно этот тип сокращений наблюдается в деятельности человека



Динамическое сокращение делится:



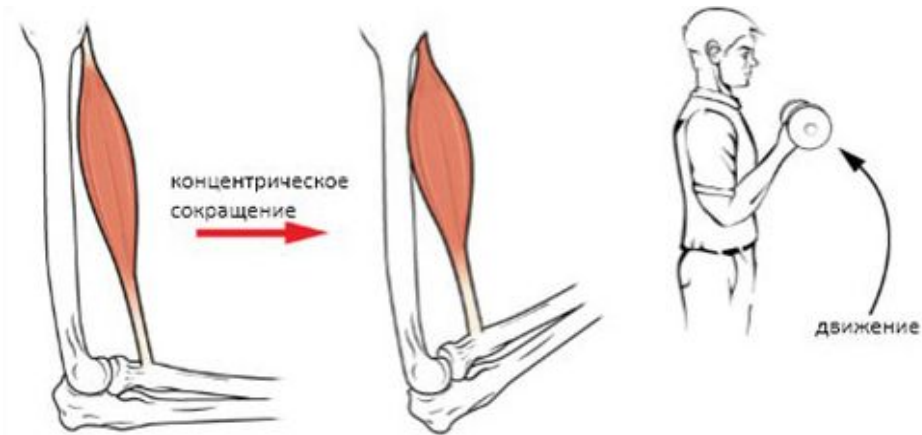
**Эксцентрический**  
**Уступающий**



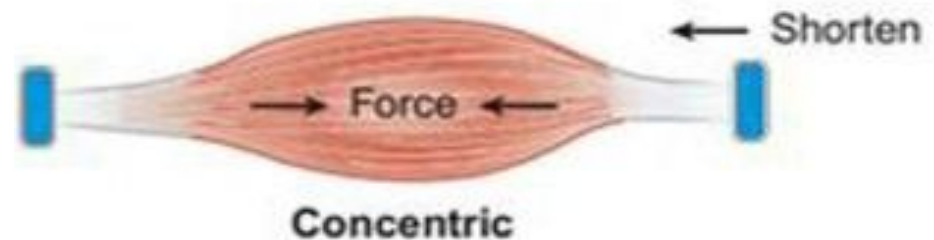
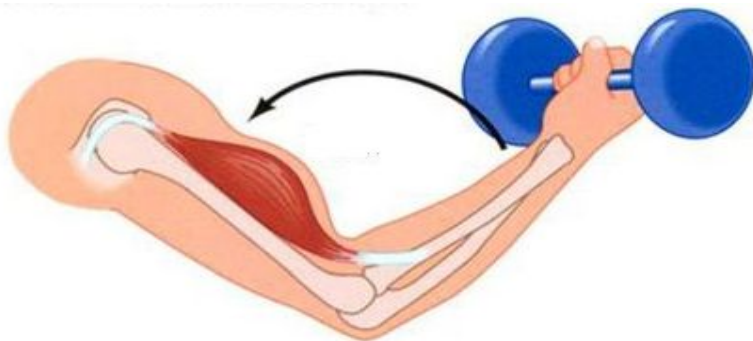
**Концентрический**  
**Преодолевающий**

# Динамическое (Ауксотоническое) сокращение

**Концентрическое сокращение** – такой вид сокращения, при котором напряжение мышцы возрастает при ее укорочении. Пример: (сгибание руки в локтевом суставе)



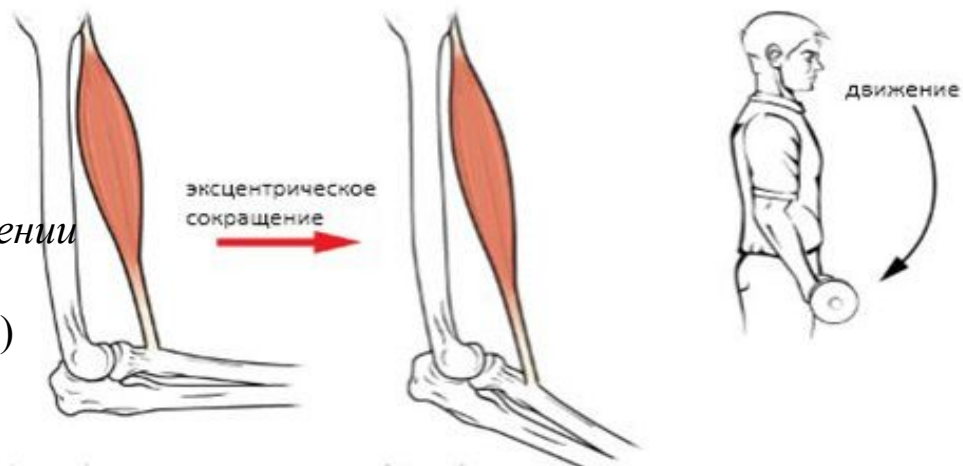
Многочисленными исследованиями доказано, что выполнение физических упражнений в концентрическом (когда мышца укорачивается) режиме вызывает большие метаболические сдвиги при работе в анаэробном гликолизе мышечных волокон, чем при других режимах сокращения мышцы. Эти метаболические изменения обусловлены биохимическими процессами в мышце с образованием метаболитов в мышечной клетке .



# Динамическое (Ауксотоническое) сокращение

**Эксцентрическое сокращение** – такой вид сокращения, при котором *увеличению напряжения мышцы возрастает при ее удлинении* (медленное опускание груза)

Пример: (разгибание руки в локтевом суставе)



Многочисленными исследованиями доказано, что выполнение физических упражнений в эксцентрическом (уступающем режиме, когда мышца удлиняется) режиме вызывает большие структурные повреждения мышечных волокон, чем другие режимы сокращения мышцы. Эти повреждения затрагивают в первую очередь Z-диски саркомеров, а также белки цитоскелета.



# Изокинетическое сокращение

**Изокинетическое сокращение** – это такой вид сокращения мышц, *при котором сокращение происходит с постоянной скоростью* при выполнении максимальной амплитуды движений.

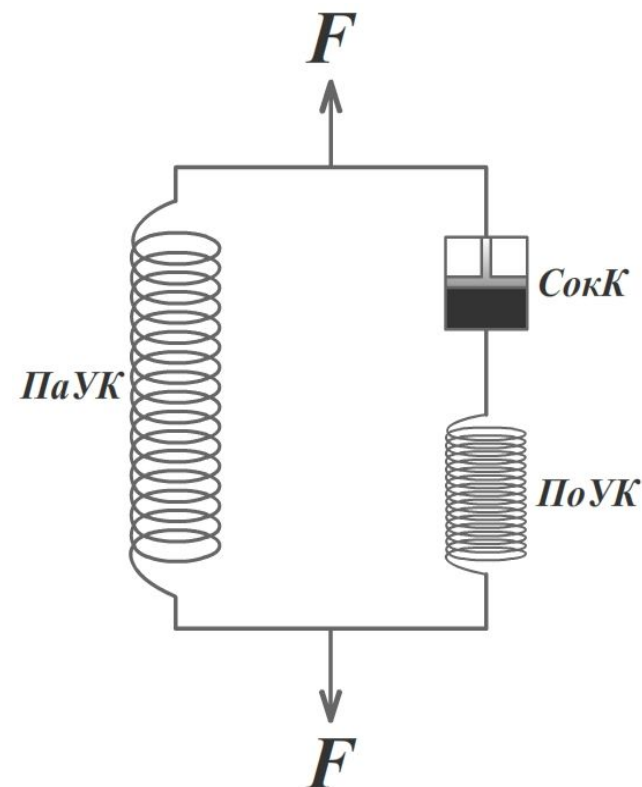
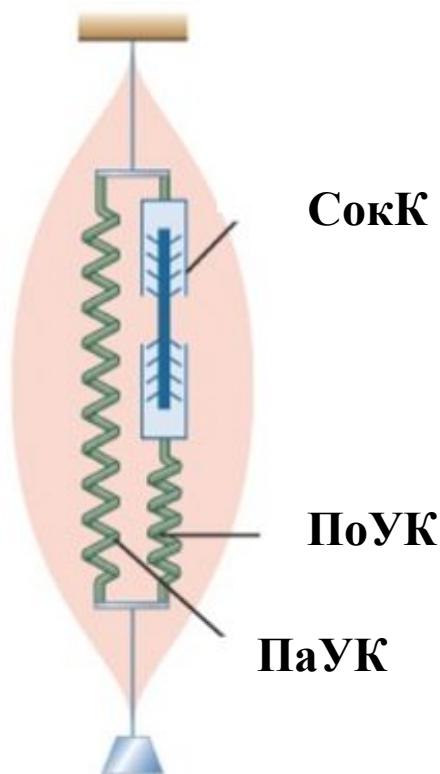
Для работы в **изокинетическом** режиме мышечного сокращения необходимы тренажеры и спортивные приспособления специальных конструкций, которые позволяют мышцам сокращаться с постоянной скоростью независимо от величины сопротивления или отягощения



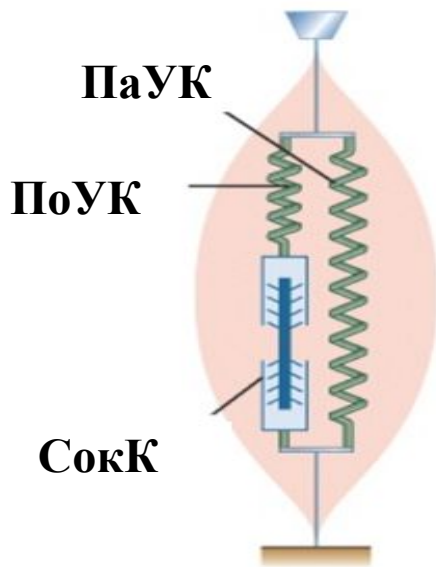
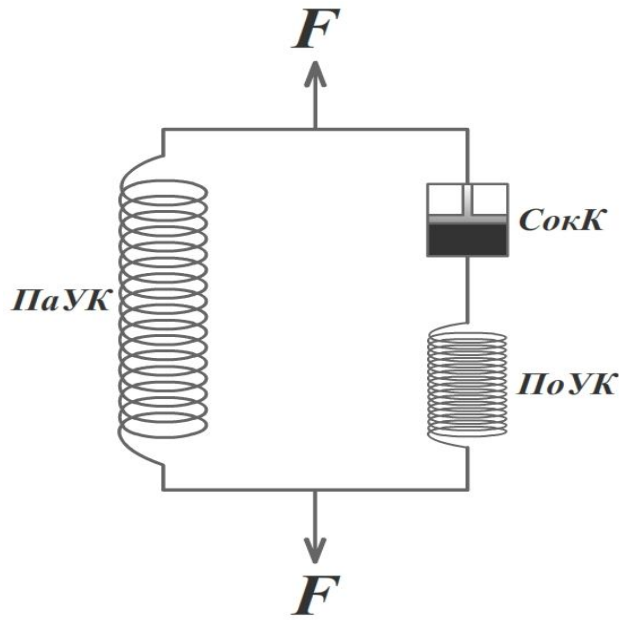
# МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЦЫ

Очень часто для того, чтобы понять механизм работы объекта, его заменяют адекватной моделью. *Модель* – образ объекта, который содержит его характерные черты.

В настоящее время общепринятой является трехкомпонентная **модель мышцы**, содержащая сократительный, последовательный упругий и параллельный упругий компоненты.

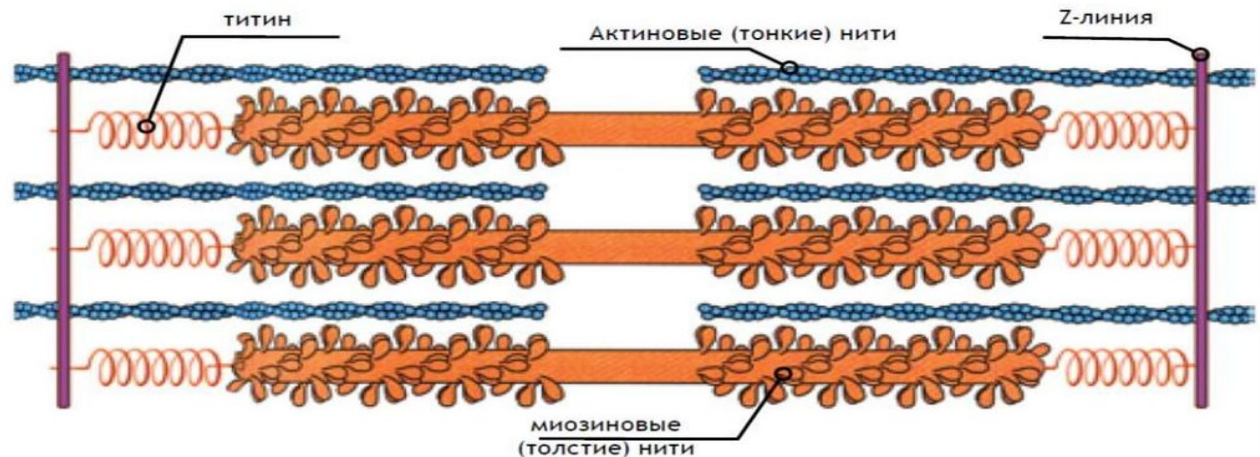


# МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЦЫ

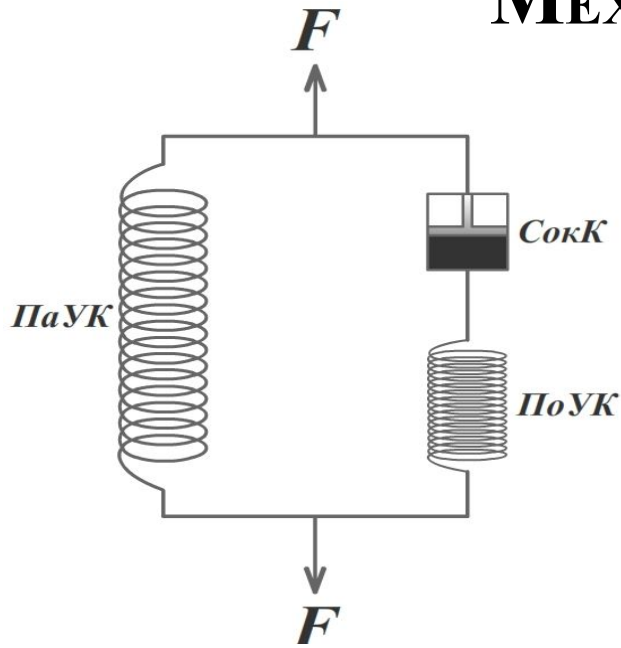


(СокК) – сократительный компонент мышц. При сокращении мышцы образуются поперечные актино-миозиновые мостики, от числа которых зависит сила сокращения мышцы.

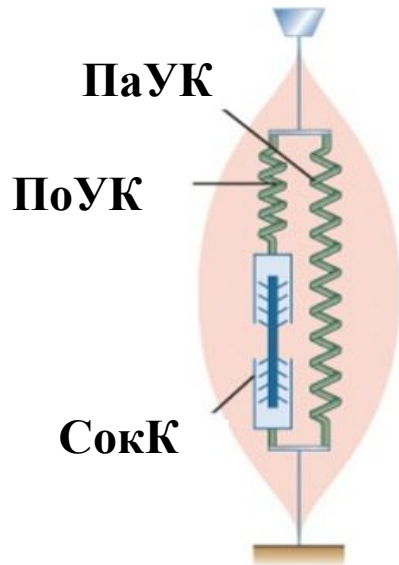
- Актинo-миозиновые мостики сократительного компонента изображаются на модели в виде цилиндра, в котором движется поршень.



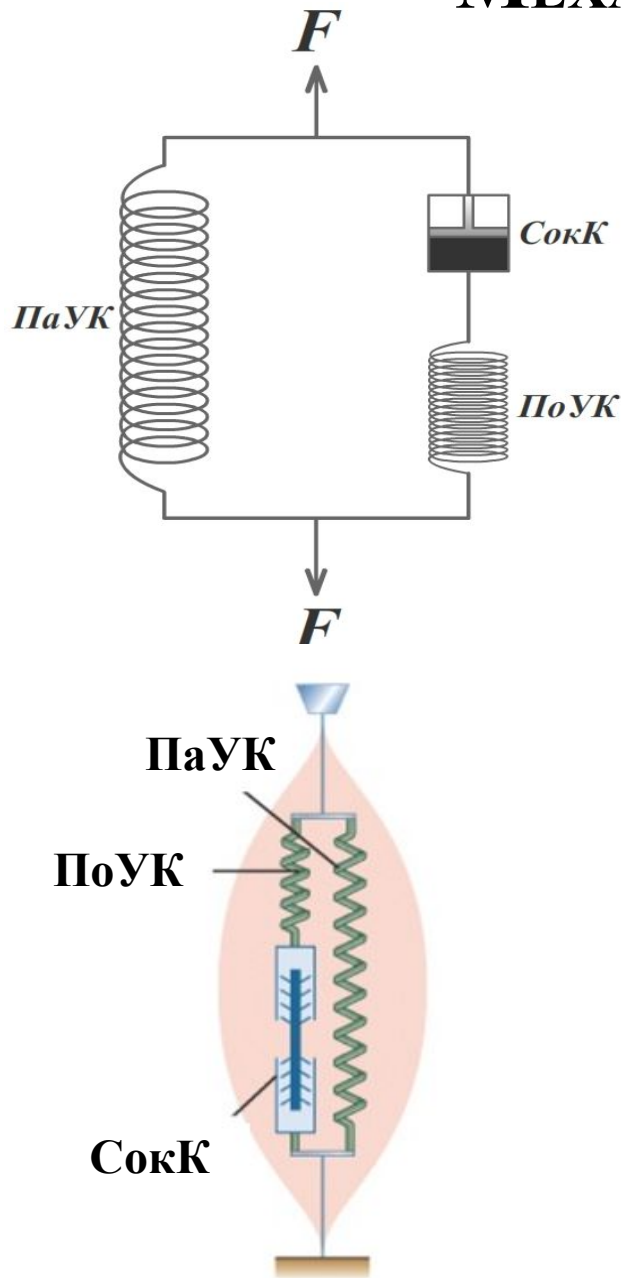
# МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЦЫ



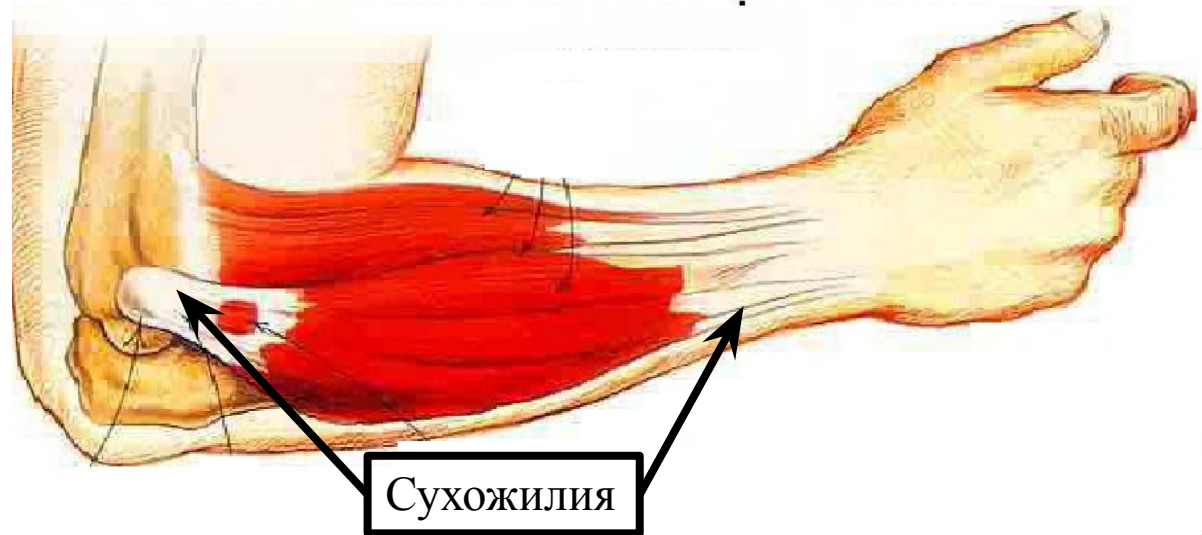
**(ПаУК)** – параллельно упругий компонент. Это соединительнотканые образования к которым относятся: оболочка мышечных волокон и их пучков, сарколемма и фасции. На модели механический аналог ПаУК представлен в виде пружины.



# МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЦЫ



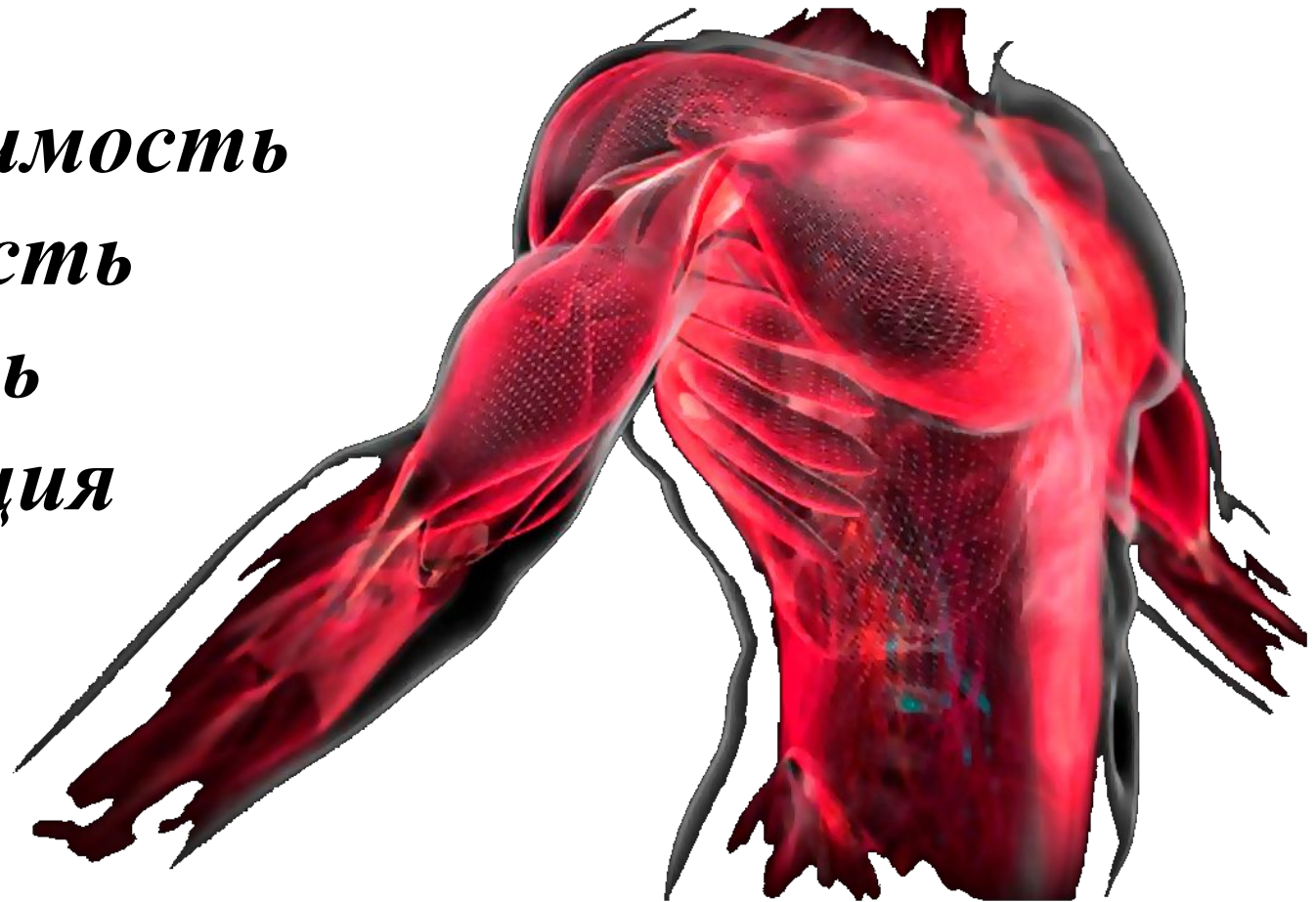
**(ПoУК)** - Последовательно упругий компонент. Аналогом данного компонента на модели является пружина, последовательно соединенная с цилиндром. Она моделирует сухожилие и миофибриллы (сократительные нити, составляющие мышцу), которые в данный момент не участвуют в сокращении.





# Механические Свойства мышечной ткани

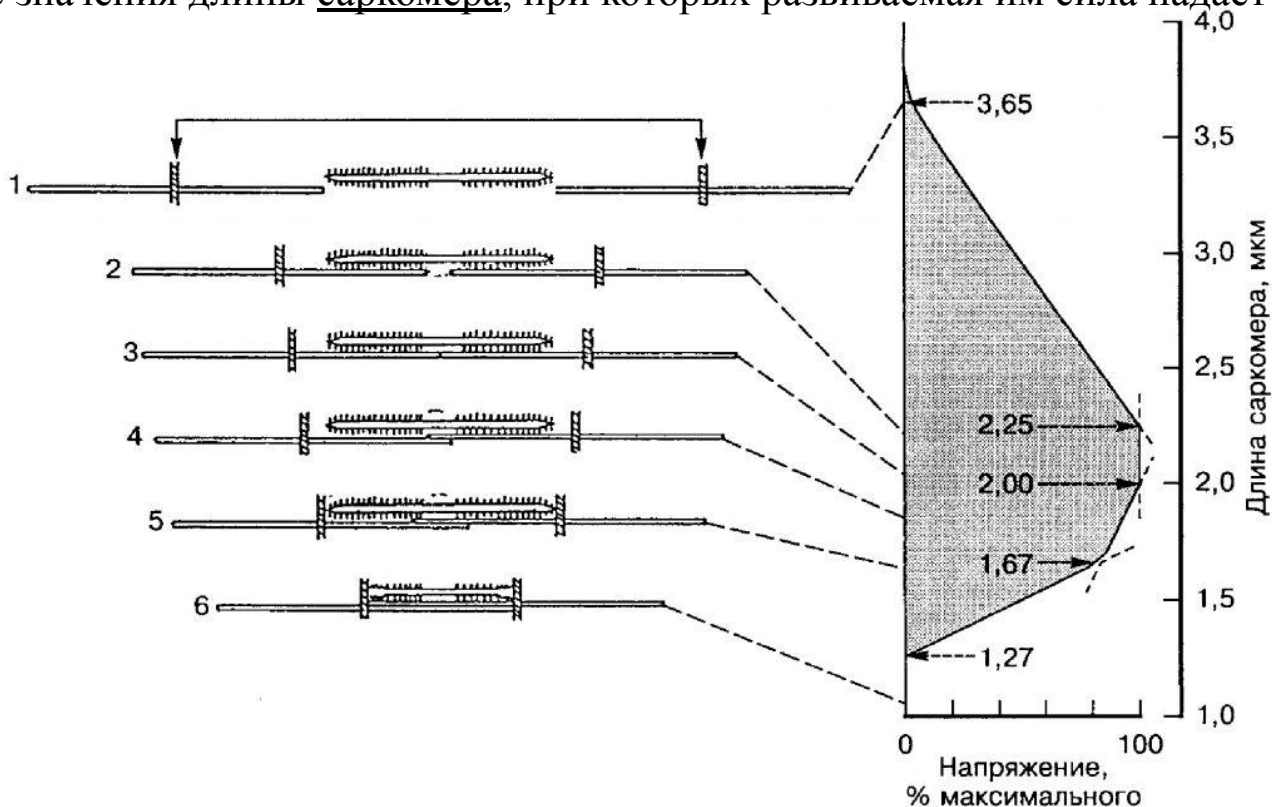
- *Сократимость*
- *Жесткость*
- *Вязкость*
- *Релаксация*



# Сократимость

**Сократимость** – способность мышцы укорачиваться при возбуждении, в результате чего возникает сила тяги.

Каждый поперечный мостик (миозиновая головка) действует подобно независимому генератору силы. Поэтому уровень силы, развиваемой во время сокращения, зависит от количества одновременных взаимодействий между толстыми и тонкими филаментами. Существуют критические значения длины саркомера, при которых развиваемая им сила падает до нуля.

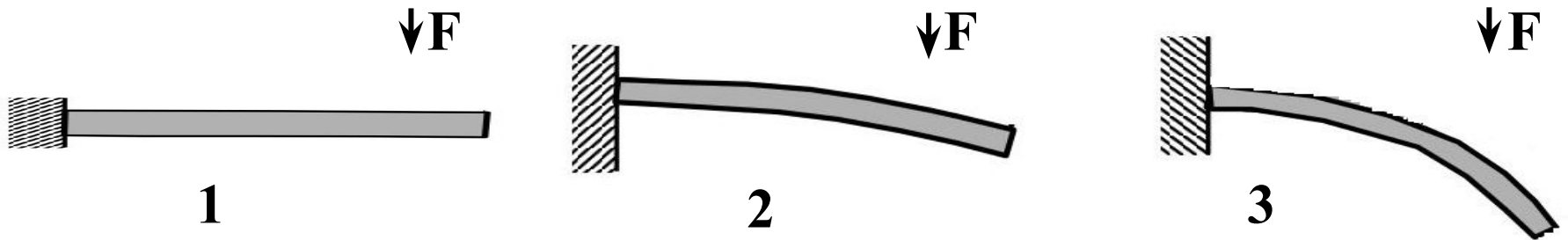


Чем сильнее растягивается мышца тем меньше будет вклад в силу сокращения мышцы за счет актин-миозиновых мостиков, и более активно вклад в силу сокращения будут вносить не сократительные элементы мышцы такие как: оболочка мышечных волокон и их пучков, сарколемма, фасции, сухожилие (ПоУК и ПаУК).

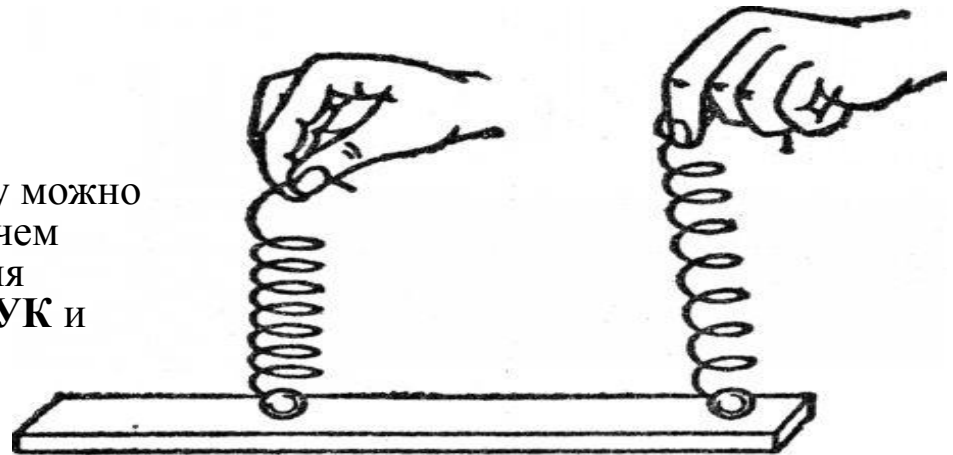
# Жесткость

**Жесткость** – это способность противодействовать прикладываемым силам. Коэффициент жесткости определяется как отношение приращения восстанавливающей силы к приращению длины мышцы под действием внешней силы.

- Чем больше жесткость тела, тем меньше оно деформируется под воздействием силы. Тело под №1 обладает наибольшей жёсткостью при воздействии одинаковой силы  $F$

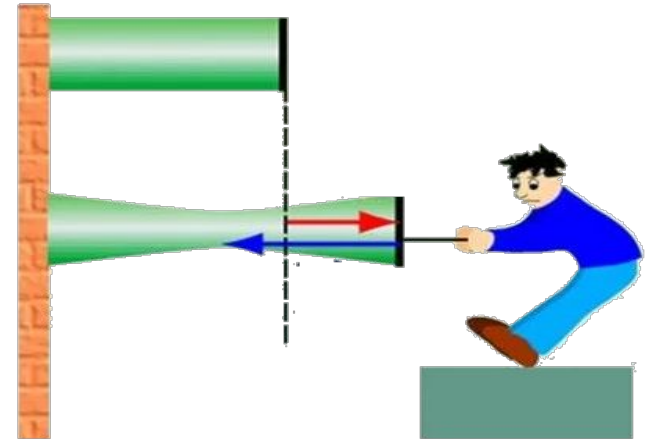


Под действием силы при растягивании в мышце возникает энергия упругой деформации. Мышцу можно сравнить с пружиной или с резиновым жгутом: чем сильнее растянута пружина, тем большая энергия упругой деформации в ней запасена. За счет ПаУК и ПоУК.

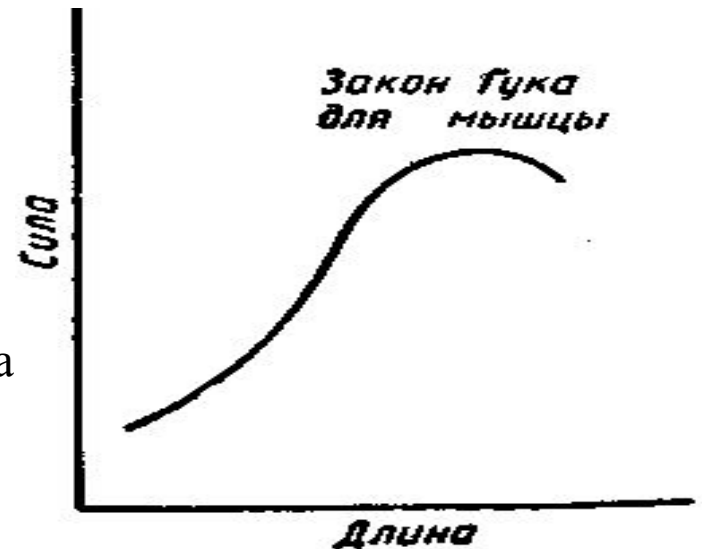


# Жесткость

Поэтому часто мышцу сравнивают с трикотажным шарфом, который вначале легко растягивается, а затем становится практически нерастяжимым. Иными словами, жесткость мышцы с ее удлинением возрастает. Из этого следует, что мышца представляет собой систему, обладающую переменной жесткостью.



Это связано с тем, что структура мышцы очень сложна. Поэтому для мышцы зависимость силы от удлинения будет отлична от классического закона Гука. Возникающая в мышце сила упругости не пропорциональна удлинению. Вначале мышца растягивается легко, а затем даже для небольшого ее растяжения необходимо прикладывать все большую силу. И растягиваясь до определенного момента сила мышцы будет падать из-за морфо-функциональных особенностей строения.

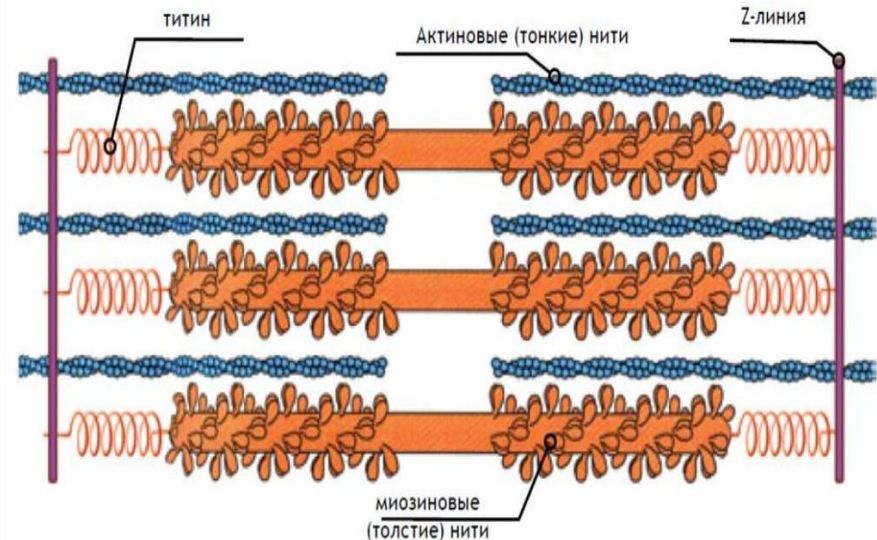
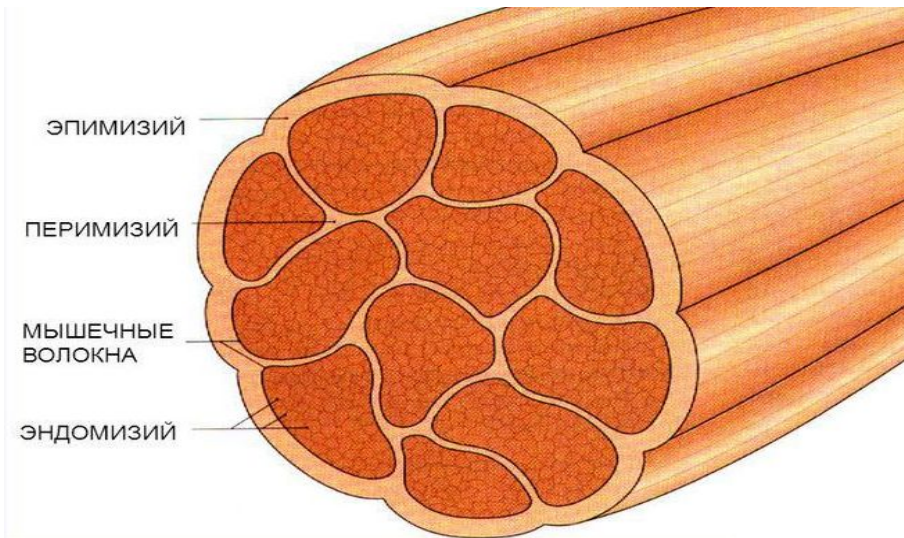


# Вязкость

- **Вязкость** – свойство тел оказывать неинерционное сопротивление перемещению одной их части относительно другой (смещение смежных слоев).



- Это свойство сократительного аппарата мышцы вызывает потери энергии при мышечном сокращении, идущие на преодоление вязкого трения. Трение возникает между **толстыми** и **тонкими** филаментами при сокращении мышцы, так же трение возникает между возбужденными и невозбужденными **мышечными волокнами**. Это связано с тем, что соседние **мышечные волокна** «связаны» посредством **эндомизия**.

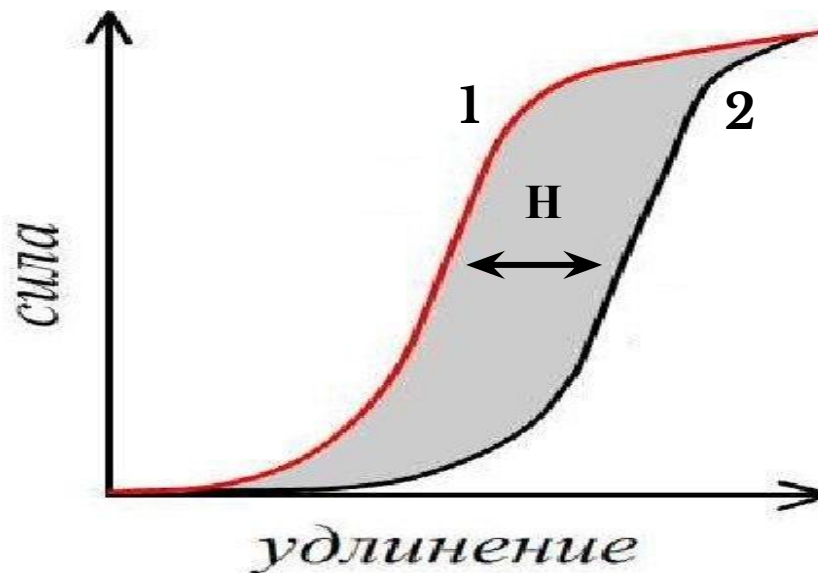


# Вязкость

- При (растягивании мышцы) зависимость «удлинение – сила» соответствует кривой 1.
- При укорочении мышцы зависимость «удлинение – сила» соответствует кривой 2.

Кривые 1 и 2 образуют Разницу «Н». Площадь фигуры «Н», заключенной между кривыми 1 и 2, отображает потери энергии на трение. Мышца, с большей вязкостью, будет характеризоваться большей площадью «Н». Во время выполнения физических упражнений температура мышц повышается.

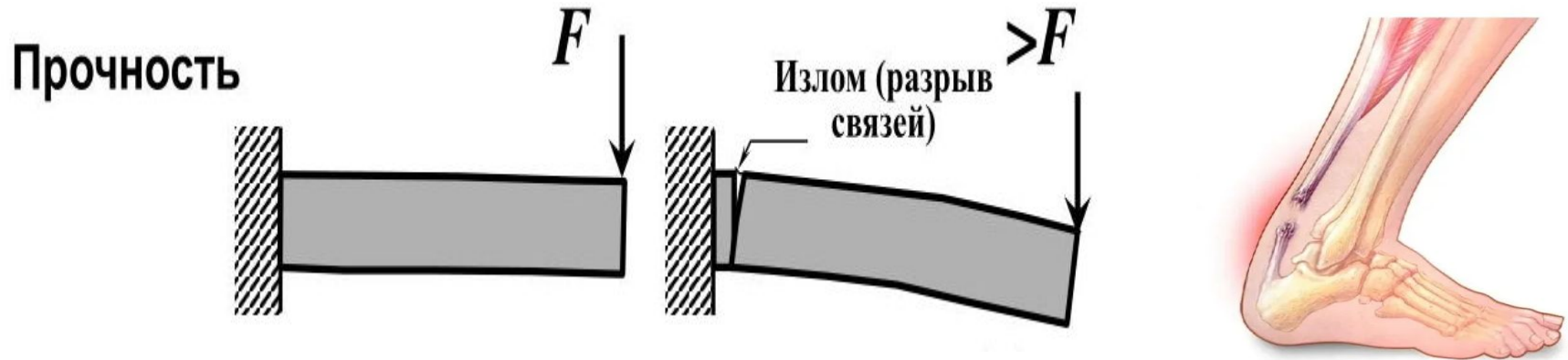
Повышение температуры мышц связано с наличием у мышц вязкости. Результатом наличия вязкости происходят потери энергии мышечного сокращения на трение.



**Вывод:** Разогрев мышц (разминка) приводит к тому, что вязкость мышц уменьшается и потери энергии будут меньше и эффективность работы повышается.

# Прочность

**Прочностью** материала называют его способность сопротивляться разрушению под действием внешних сил. Прочность мышцы оценивается величиной растягивающей силы, при которой происходит разрыв мышцы.



. Установлено, что предел прочности для:

- **миофибрилл** равен 1,6-2,5 Н/см<sup>2</sup>
- **скелетных мышц** – 20-40 Н/см<sup>2</sup>
- **фасций** – 1400 Н/см<sup>2</sup>
- **сухожилий** – 4000 – 6000 Н/см<sup>2</sup>
- **костной ткани** – 9000 – 12500 Н/см<sup>2</sup>.



При этом предел прочности каната из хлопка на растяжение составляет 3760 – 6770 Н/см<sup>2</sup>

Предел прочности сухожилий на два порядка величины больше. Однако при очень быстрых движениях возможен разрыв более прочного сухожилия, а мышца остается целой, успев амортизировать из-за эластичности.

# Релаксация

**Релаксация**– свойство мышцы, проявляющееся в постепенном уменьшении силы тяги при постоянной длине мышцы.

Релаксация проявляется, например, при прыжке вверх, если во время глубокого приседа спортсмен делает паузу. Чем больше эта пауза (статический режим работы мышц), тем меньше сила их тяги и, как следствие, высота выпрыгивания. Таким образом, релаксация мышц приводит к уменьшению высоты выпрыгивания или силы сокращения.



Вес испытуемых (кг)	Рост(см)	Высота прыжков с паузой (см)	Высота прыжков без паузы (см)
68,37±6,64	176,39±5,05	49,49±5,85	53,23±6,47

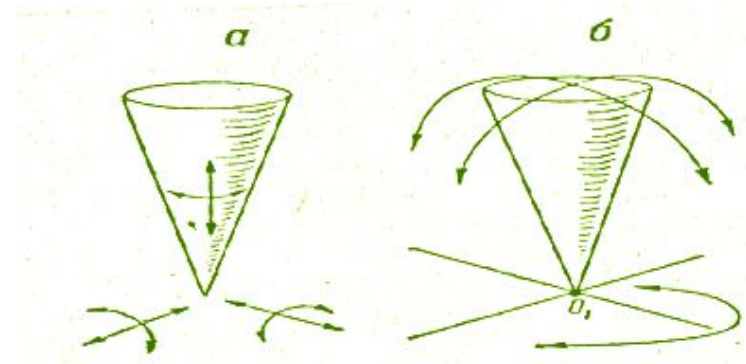
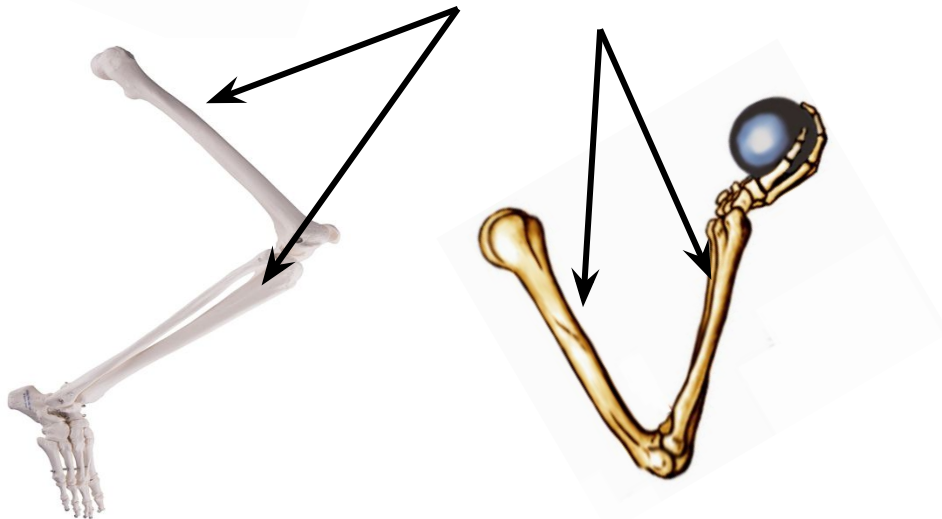


# Кинематические пары

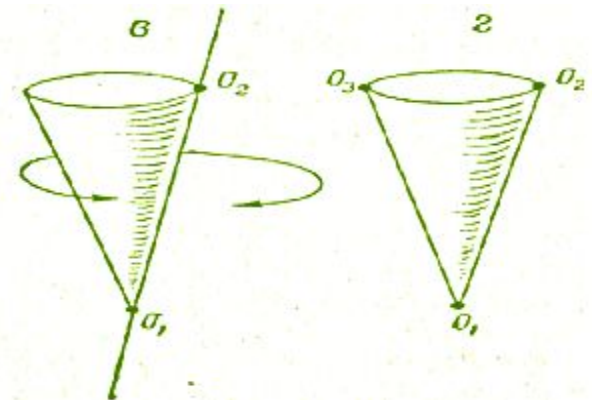
**Биокинематическая пара** – это подвижное (кинематическое) соединение двух костных звеньев, в котором возможности движений определяются строением этого соединения и управляющим воздействием мышц.



Костные звенья образующие биокинематическую пару



Степени свободы в зависимости от строения суставов и мышц управляющих суставом

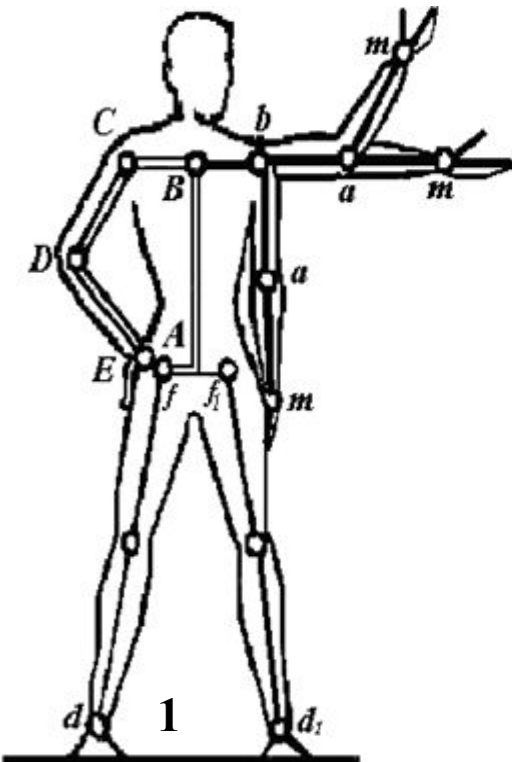


# Кинематические цепи

**Биокинематическая цепь** – это последовательное (разветвленное) незамкнутое, либо замкнутое соединение ряда кинематических пар. И подразделяются на:

Замкнутые

Незамкнутые



Кинематические цепи тела:

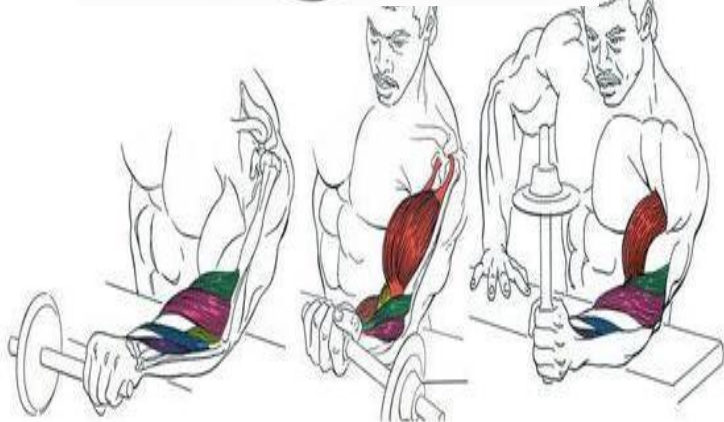
1 – виды цепей:

**ABCDE** – замкнутая на себя,  
**dff1d1** – замкнутая через опору;  
**bam** – незамкнутые,

2 – взаимосвязь движений в замкнутой цепи.

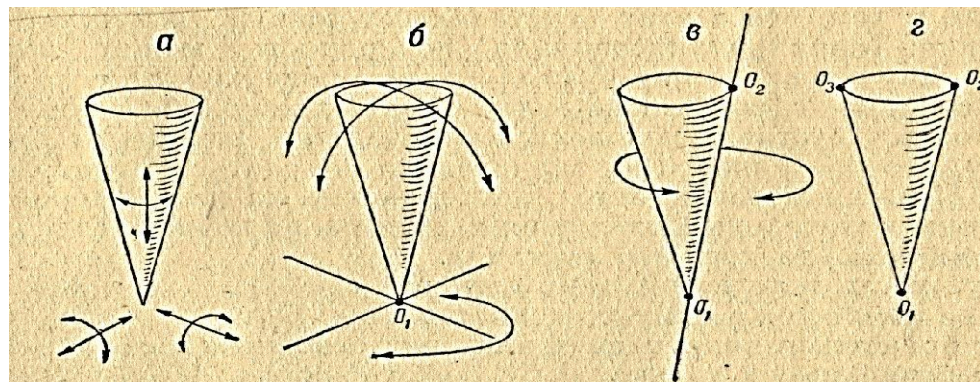
# Незамкнутая кинематическая цепь

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



## Особенности:

- Влияние на одну часть цепи не будет воздействовать на другую
- Возможность степеней свободы (супинация, пронация) что позволяет вовлечь другие мышцы
- Позволяет сделать изолированное движение на отдельном звене (суставе) и проработать мышцы участвующих в движении данного звена.

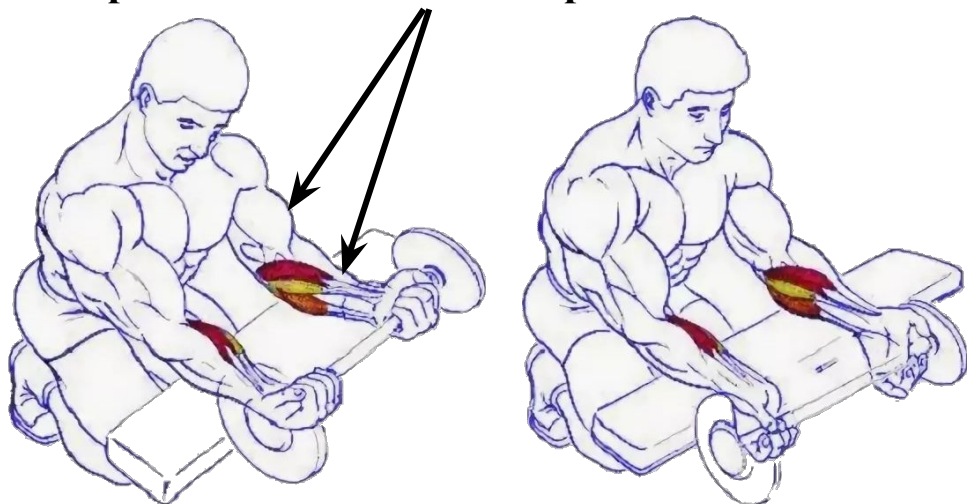


# Замкнутая кинематическая цепь

Цепь в которой нет свободного конечного звена называют замкнутой. Движения одних звеньев влияют на движения даже отдаленных звеньев (помогают или мешают). В замкнутых цепях возможностей движений меньше, но управление ими точнее.

## Особенности:

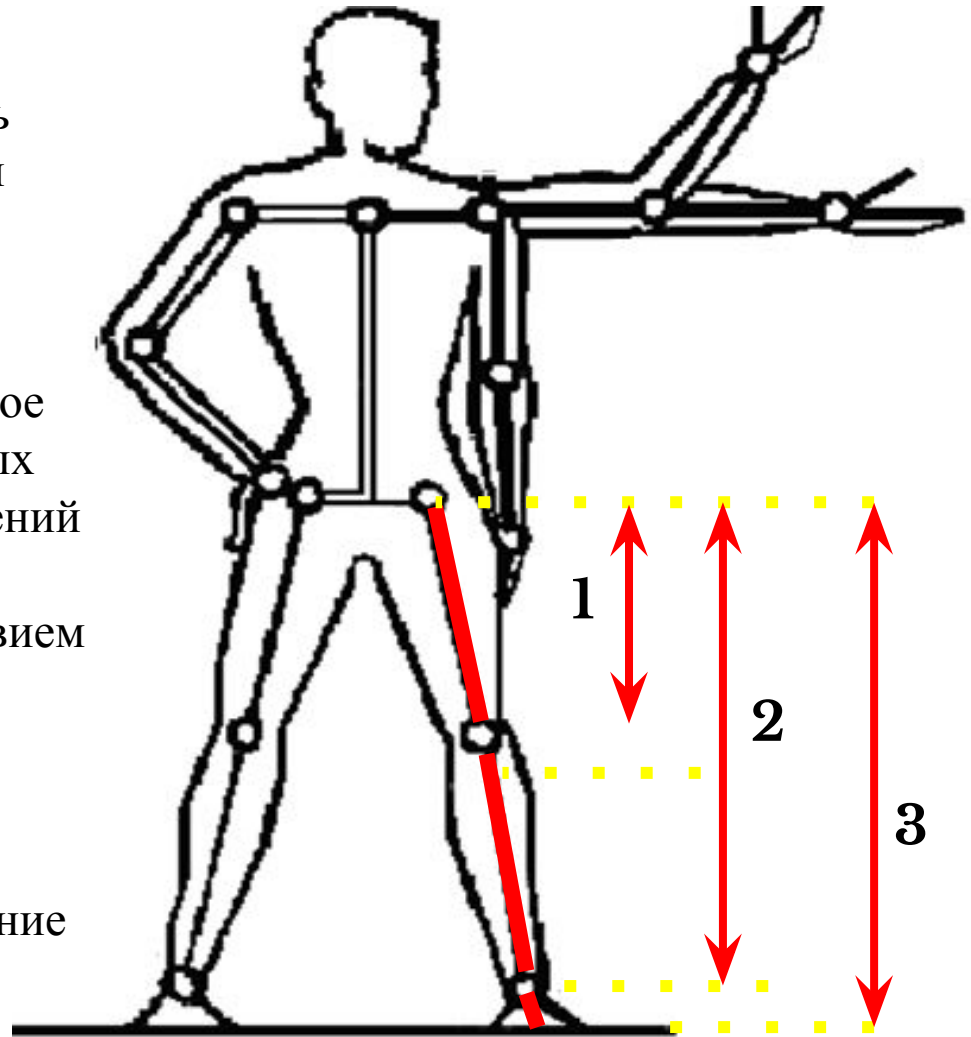
**Кинематическая пара (Плечо и предплечье)**  
«замыкаются» по средствам штанги со  
второй кинематической парой



- Влияние на одну часть цепи ведет автоматически влияние на всю цепь в целом
- Дает увеличение в силовых показателях до 15%
- Позволяет нивелировать слабость отстающей мышцы (синергиста) при движении повышая эффективность самого движения.

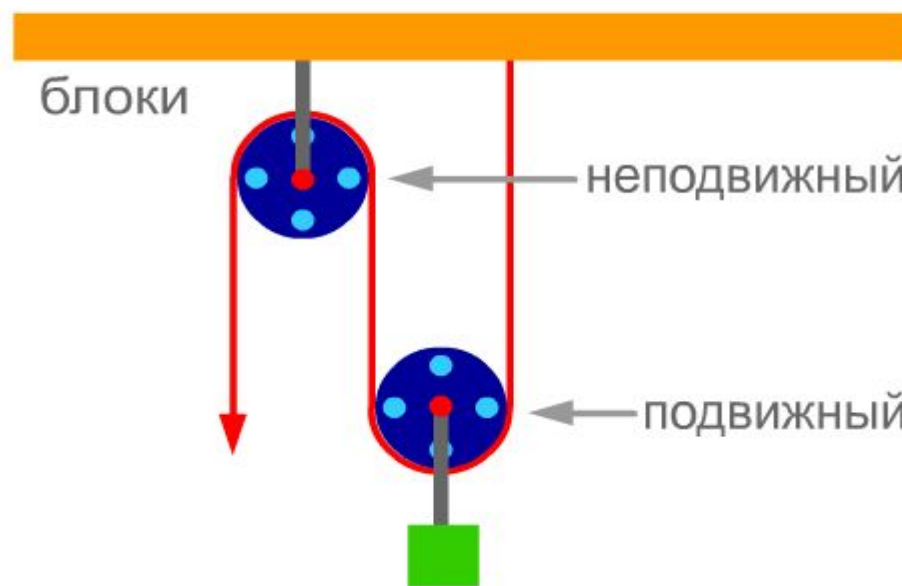
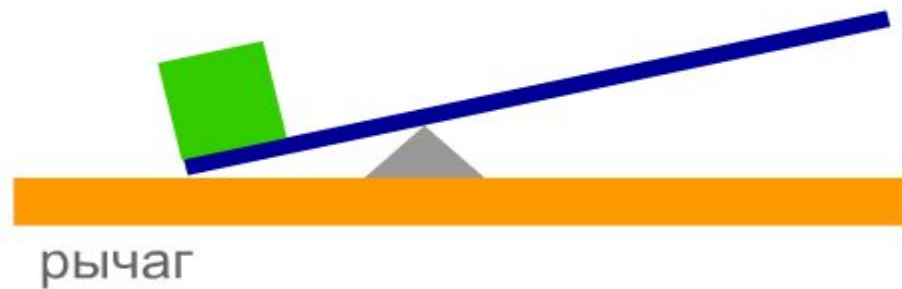
# Кинематические цепи

- 1. Биокинематическое звено** – это часть тела расположенная между соседними суставами или между суставом и дистальным концом конечности
- 2. Биокинематическая пара** - подвижное кинематическое соединение 2х костных звеньев в котором возможности движений определяются строением этого соединения и управляющим воздействием мышц.
- 3. Биокинематическая цепь** - это последовательное или разветвленное незамкнутое, либо замкнутое соединение ряда кинематических пар



# ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Простыми механизмами называют приспособления для преобразования движения и силы



# Рычаг

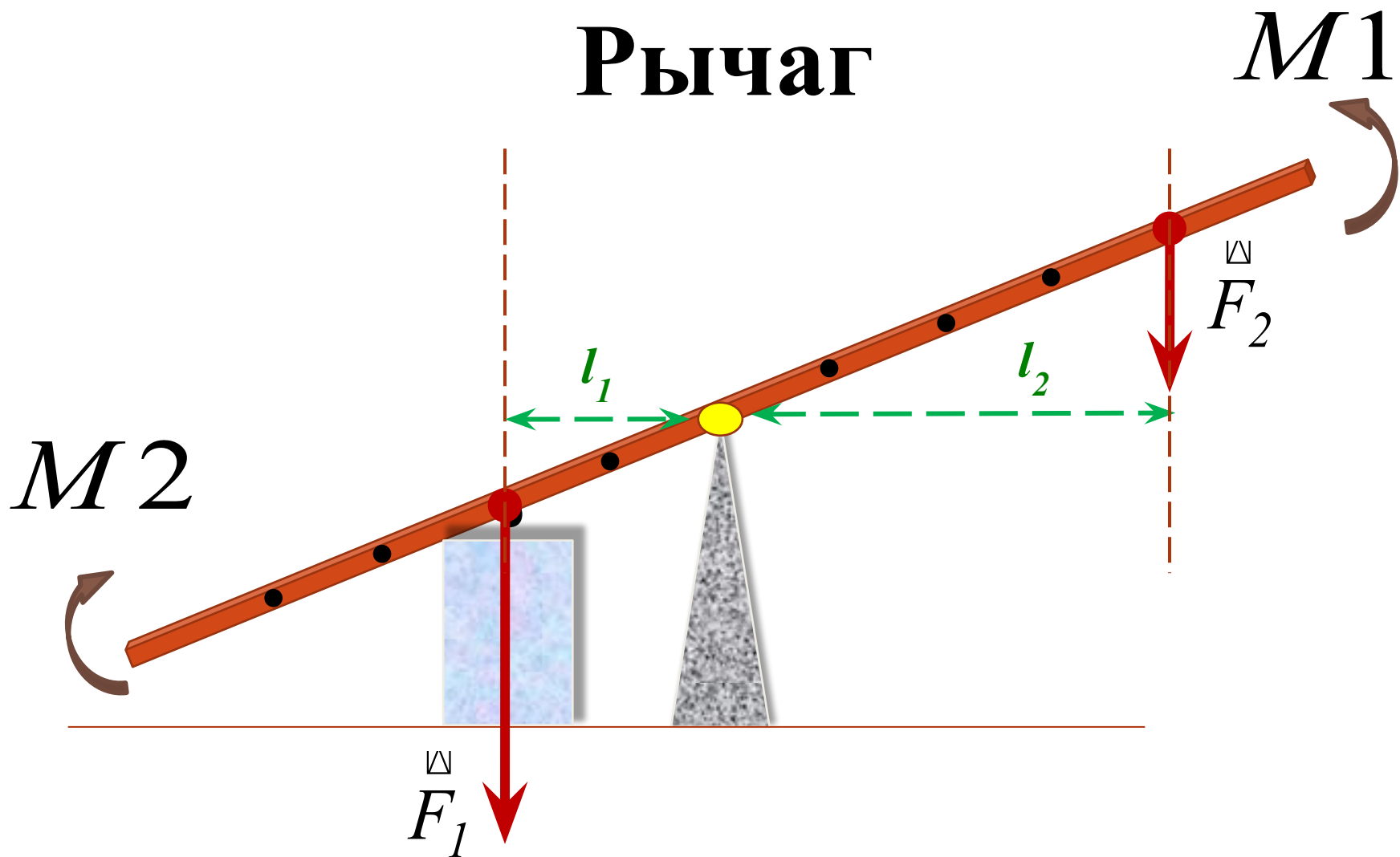
*Рычаг* – это любое твердое тело, имеющее точку опоры (ось вращения) и способное поворачиваться вокруг нее.



**Каждый рычаг имеет следующие элементы:**

- Точку опоры (0) или ось вращения
- Точки приложения сил
- Плечи рычага (расстояния от точки опоры до точек приложения сил)
- Плечи сил (расстояния от точки опоры до линий действия сил)

# Рычаг

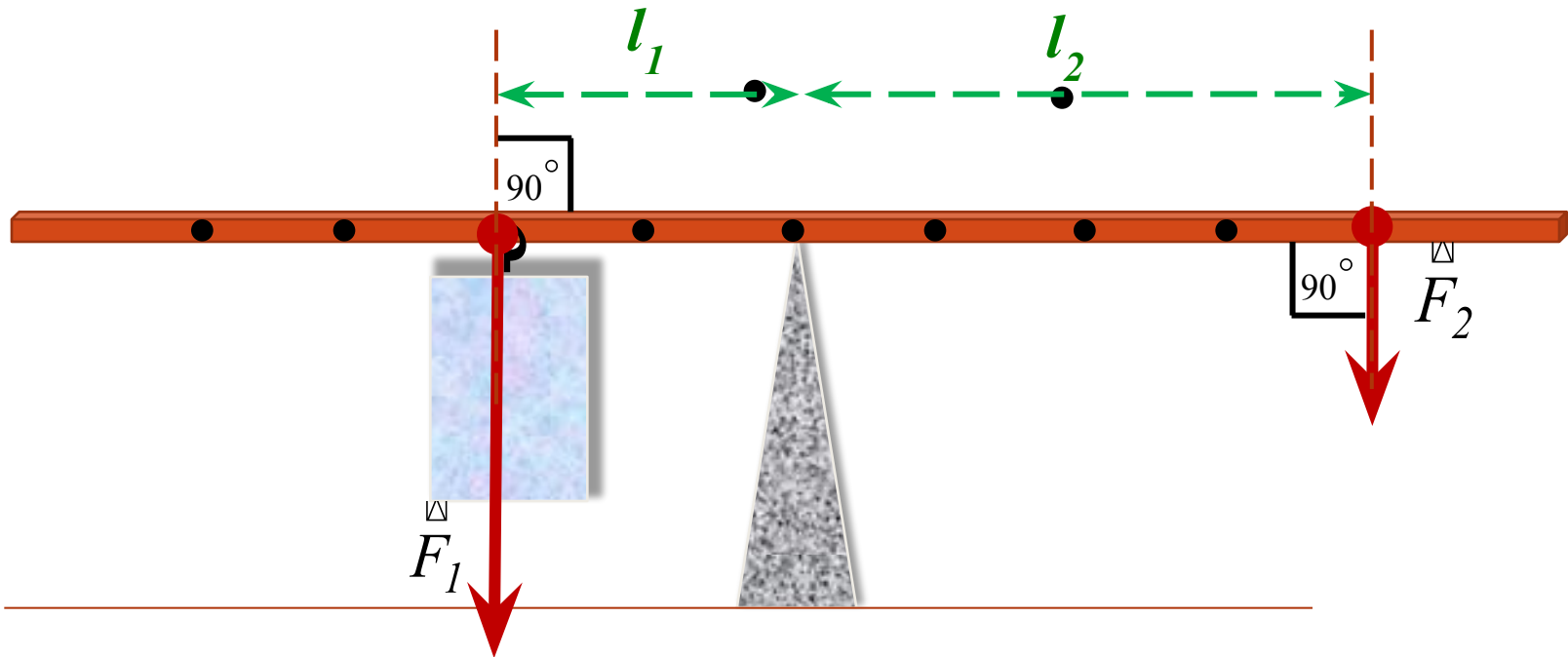


Прямая, проходящая через вектор силы, называется линией действия силы. На рисунке обозначена штрих линией

● Это Ось вращения



# Плечо силы



**Плечо силы** - Кратчайшее расстояние (*перпендикуляр*) между точкой опоры и прямой, вдоль которой действует на рычаг сила.

$l_1$  – плечо силы  $F_1$

$l_2$  – плечо силы  $F_2$

Чтобы найти плечо силы надо из точки опоры опустить *перпендикуляр* до линии действия силы.

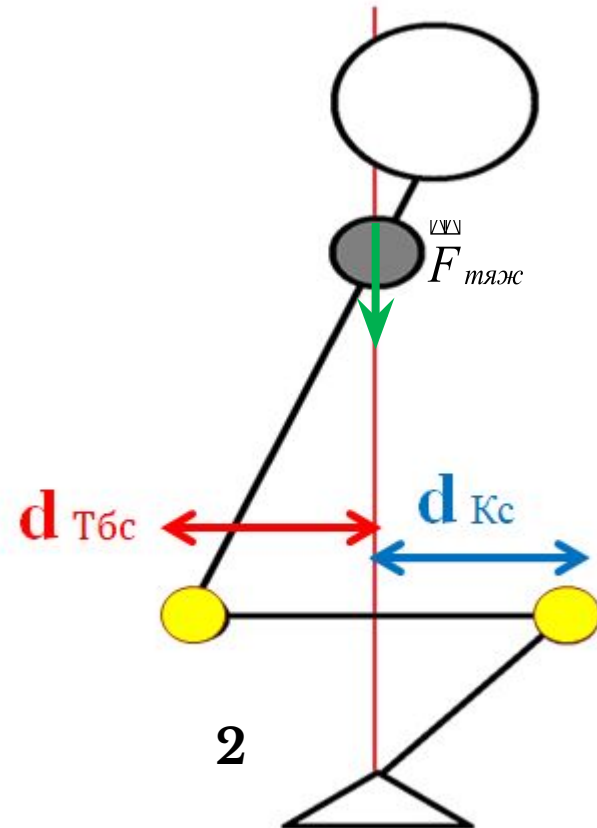
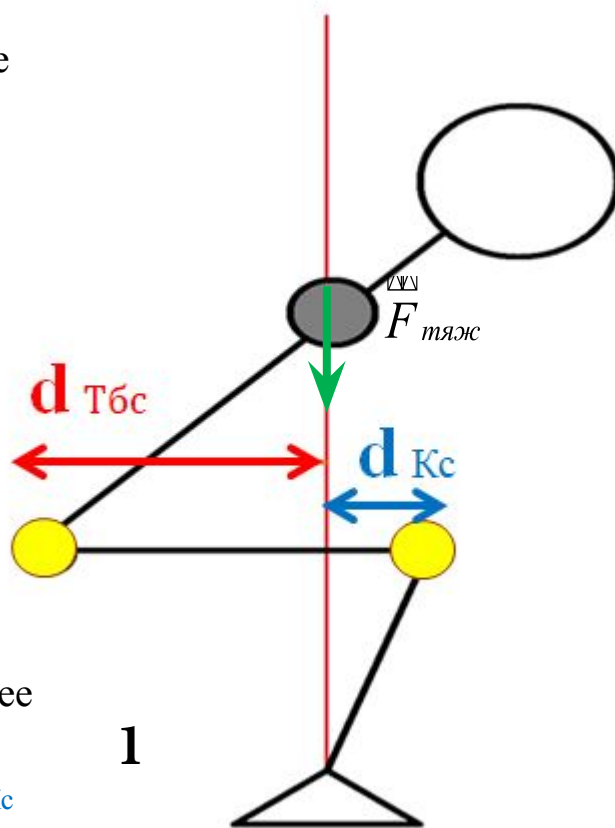
**Перпендикуляр** - Линия, составляющая прямой угол с другой прямой линией или плоскостью.


# Пример распределения Плеч сил

Техникой упражнения мы можем влиять на нагрузку (в данном случае на «плечо силы»).

В **1 Варианте** приседаний со штангой за счет наклона корпуса вперед нагрузка на мышцы разгибающие корпус в Тбс (Большая ягодичная) будет больше за счет большего плеча силы  $d_{Тбс}$

Во **2 Варианте** нагрузка на мышцы делающие разгибание в Кс (квадрицепс) будет больше из-за более вертикального положения корпуса что создает большее плечо силы  $d_{Кс}$

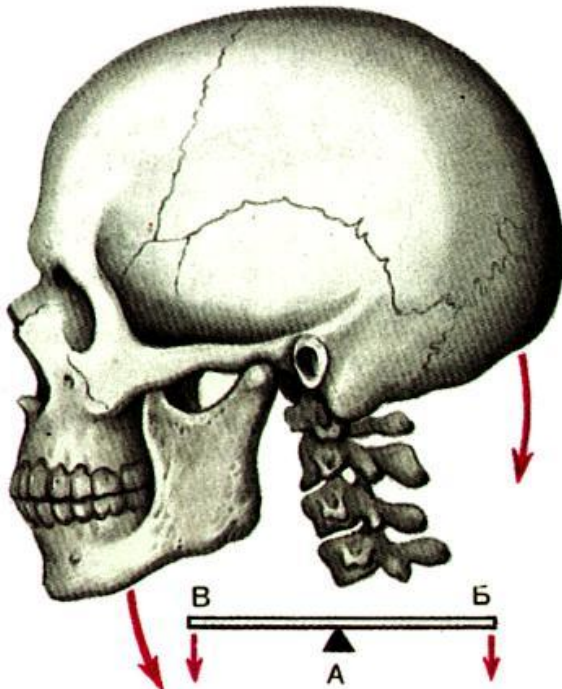


	Ось вращения Тбс (тазобедренный сустав) и Кс (Коленный сустав)
$F_{тяж}$	Точка приложения сил (Сила тяжести штанги)
$d_{Тбс}$ $d_{Кс}$	Плечи сил (расстояния от точки опоры до линий действия сил)

# Виды рычагов

## *Рычаг первого рода*

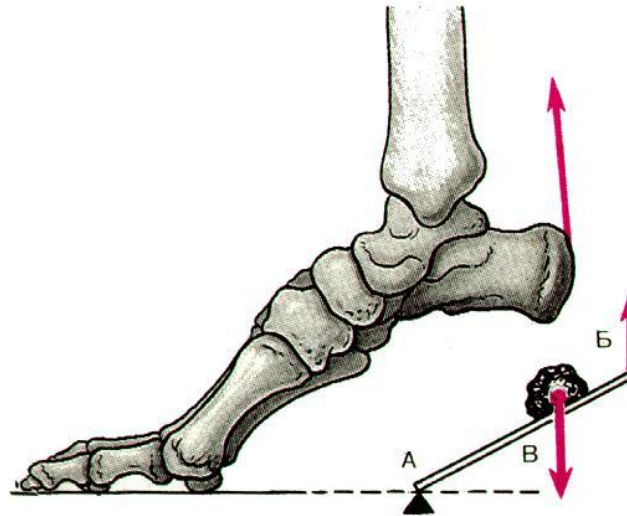
Точка опоры расположена между двумя точками приложения силы, рычаг еще называют «двуплечим».



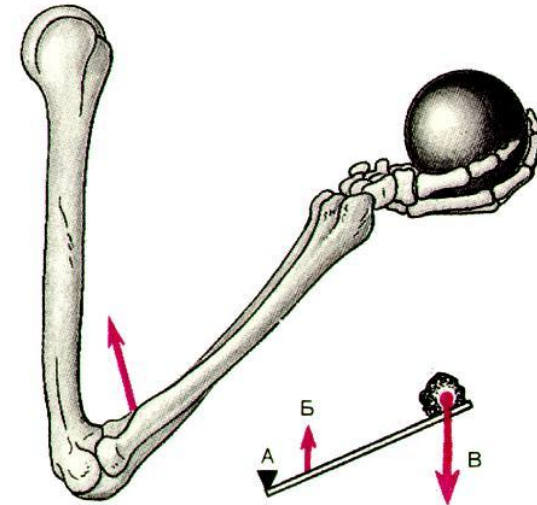
## *Рычаг второго рода*

Точка приложения силы точка приложения сопротивления находятся по одну сторону от точки опоры, поэтому рычаг являются «одноплечими».

## Рычаг силы



## Рычаг скорости



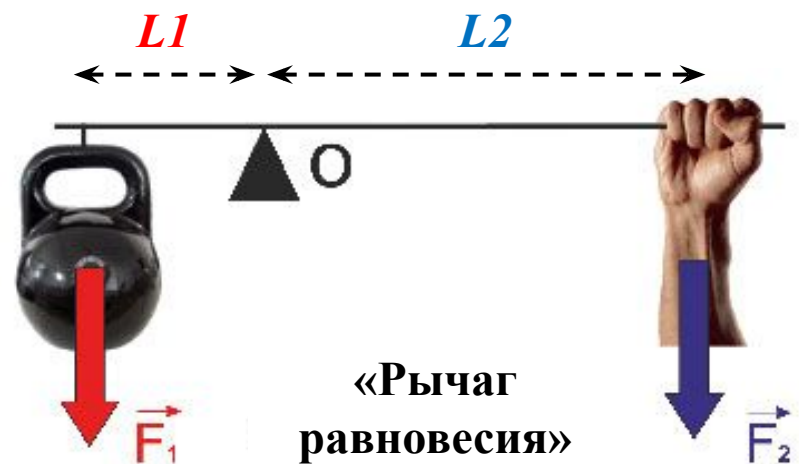
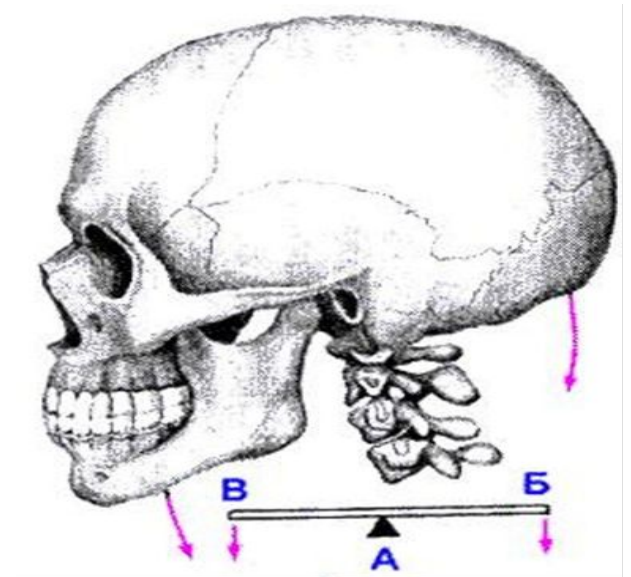
**А – точка опоры, Б – точка приложения силы, В – точка сопротивления**

# Рычаг первого рода

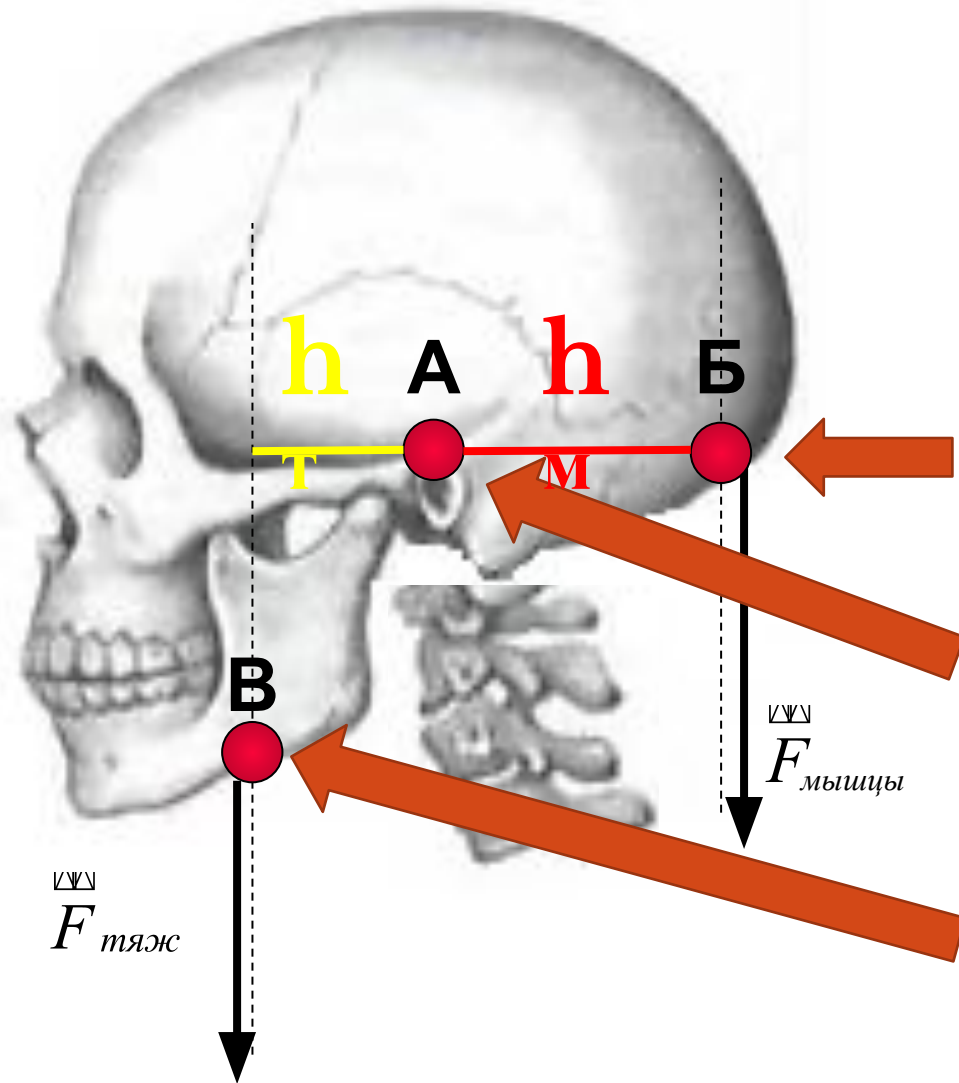
В биомеханике он называется «рычагом равновесия». Поскольку точка опоры расположена между двумя точками приложения силы, рычаг еще называют «двуплечим». Такой рычаг нам демонстрирует соединения позвоночника и черепной коробки. Если вращающий момент силы, действующей на затылочную часть черепа равен вращающему моменту силы тяжести, действующему на переднюю часть черепа, и они имеют одинаковое плечо рычага, достигается равновесие.

Рычаг находится в равновесии тогда, когда силы, действующие на него, обратно пропорциональны плечам этих сил.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{L_1}{L_2}$$



# “Рычаг равновесия”.



$h_M$  – плечо силы мышцы

$h_T$  – плечо силы тяжести

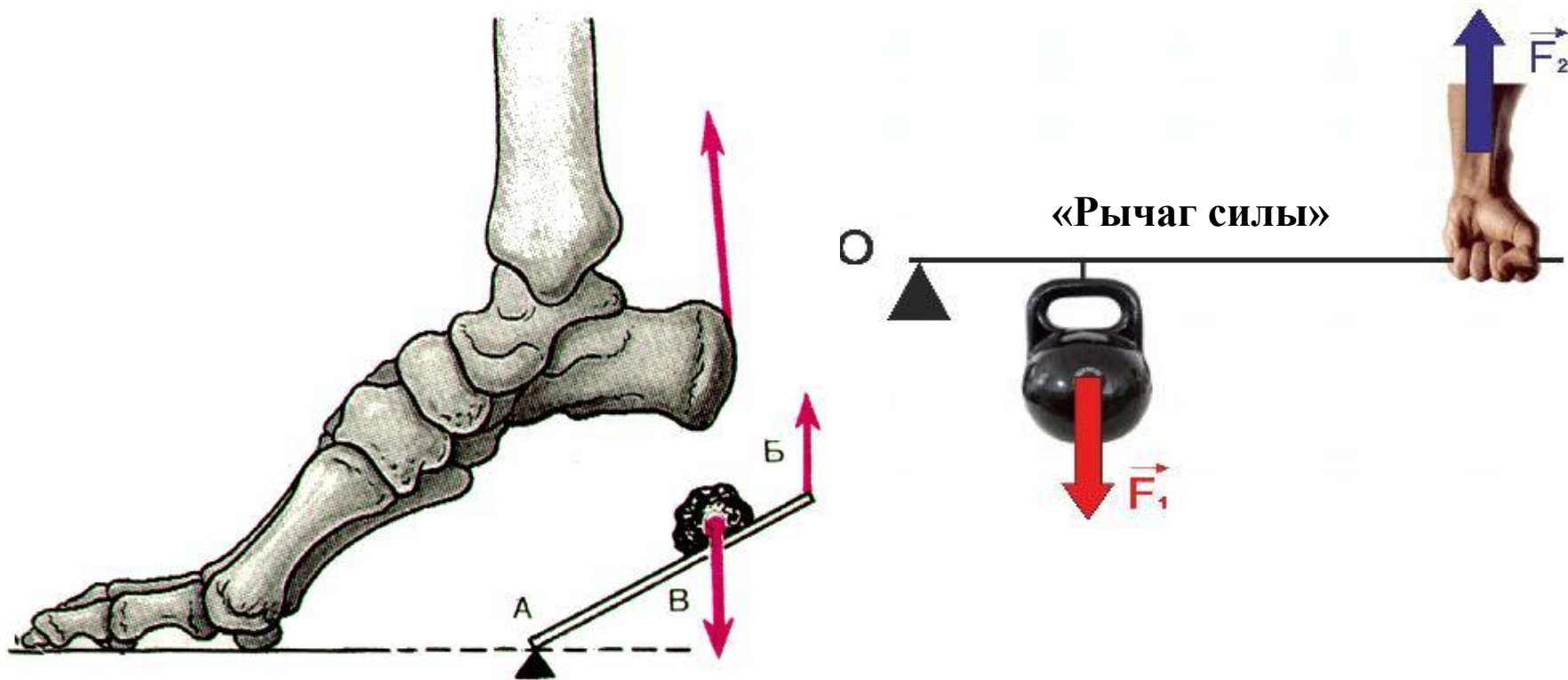
Б - точка приложения силы  
(сила мышечного сокращения)

А - точка опоры  
(ось вращения)

В - точка сопротивления  
(сила тяжести)

# Рычаг второго рода. Рычаг Силы

Рычаг силы образуется при условии, что длина плеча приложения силы мышц длиннее плеча приложения силы тяжести (сопротивления). В качестве наглядного примера можно продемонстрировать человеческую стопу. Ось вращения здесь являются головки плюсневых костей, пяточная кость служит точкой приложения силы, а тяжесть тела образует сопротивление в голеностопном суставе.

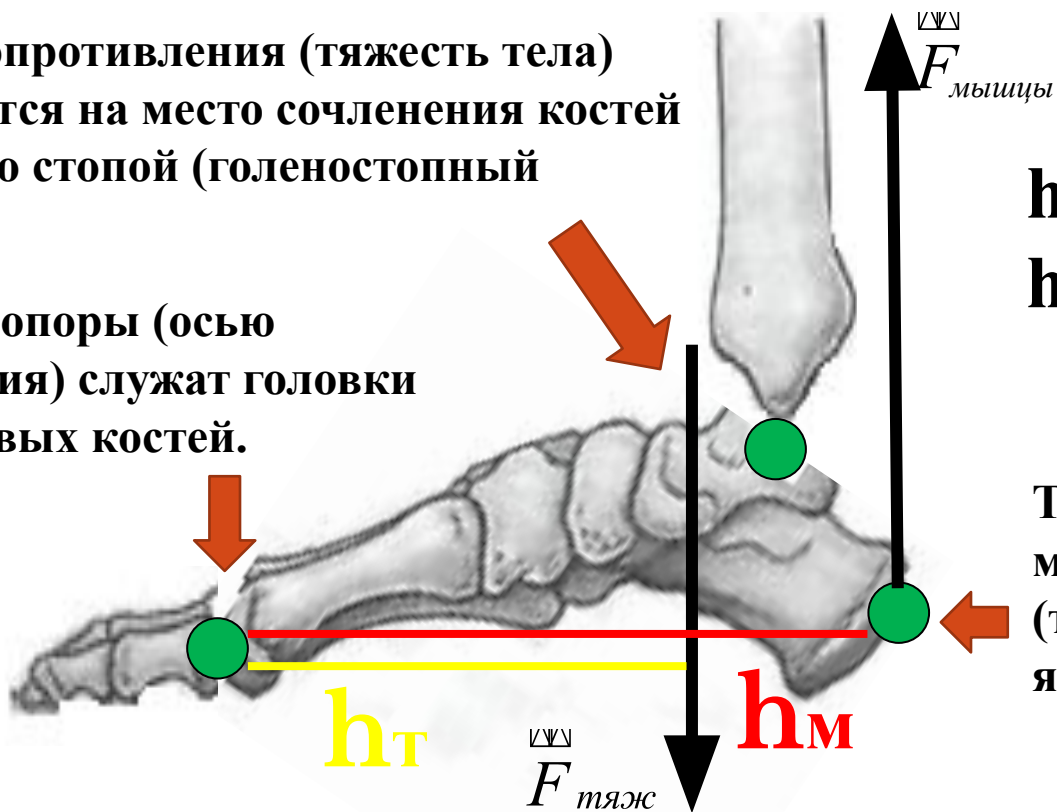


Здесь имеет место выигрыш в силе, за счет более длинного плеча приложения силы и проигрыш в скорости.

«Рычаг силы» - образуется при условии, что длина плеча приложения силы мышц длиннее чем плечо приложения силы тяжести (сопротивления).

Точка сопротивления (тяжесть тела) приходится на место сочленения костей голени со стопой (голеностопный сустав).

Точкой опоры (осью вращения) служат головки плюсневых костей.



$h_M$  – плечо силы мышцы  
 $h_T$  – плечо силы тяжести

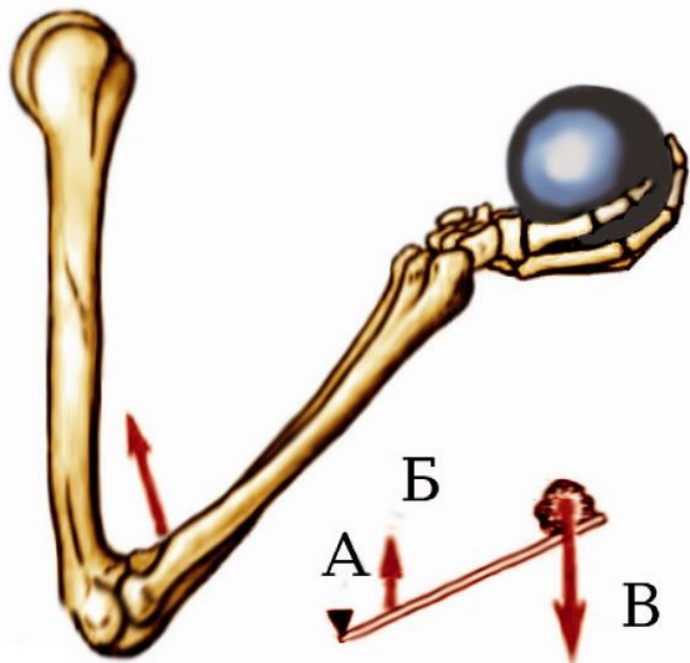
Точкой приложения мышечной силы (трёхглавая мышца голени) является пяточная кость.

В данном виде рычага икроножной мышце, для преодоления сопротивления в виде силы тяжести тела, будет приложена незначительная сила сокращения, для преодоления сопротивления, за счет выигрыша в рычаге силы.

# Рычаг 2 рода. Рычаг Скорости

Рычаг скорости имеет более короткое плечо приложения мышечной силы, чем плечо силы противодействия (силы тяжести).

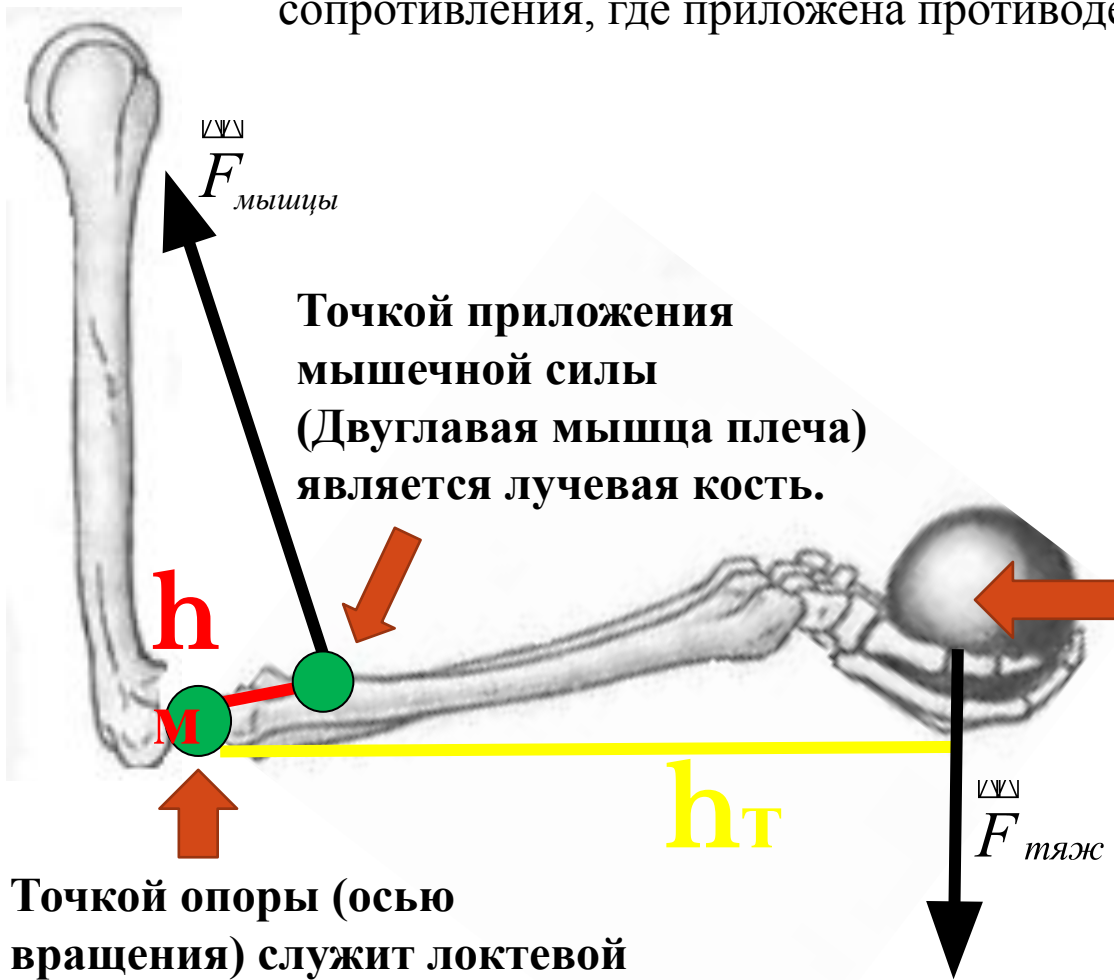
Примером может служить работа мышц сгибателей в локтевом суставе. Бицепс крепится вблизи точки вращения (локтевой сустав) и с таким коротким плечом необходима дополнительная сила мышце сгибателю.



Здесь имеет место выигрыш в скорости и ходе движения, но проигрыш в силе. Можно заключить, что чем ближе от места опоры будет крепиться мышца, тем короче будет плечо рычага, и тем значительнее будет проигрыш в силе.



«рычаг скорости» - плечо приложения мышечной силы короче, чем плечо сопротивления, где приложена противодействующая сила тяжести.



Точкой приложения мышечной силы (Двуглавая мышца плеча) является лучевая кость.

$h_M$  — плечо силы мышцы  
 $h_T$  — плечо силы тяжести

Точка сопротивления (тяжесть снаряда) приходится на кости кисти.

Точкой опоры (осью вращения) служит локтевой сустав.

В данном виде рычага у двуглавой мышце плеча, будет выигрыш в скорости (передаче усилия) для преодоления сопротивления, но проигрыш в силе (ей придется приложить большую силу сокращения для преодоления сопротивления).

# Типы тренажеров в зависимости от механизмов



**Биомеханические особенности:**

Постоянство нагрузки



**Биомеханические особенности:**

Подчиняется правилу рычагов и плеч сил с увеличением нагрузки или ее уменьшением

# Типы тренажеров в зависимости от механизмов



**Например:**

Платформы для жимов ногами будут отличаться нагрузкой, при одинаковой нагруженной массе, из-за количества осей вращения и плеч сил меняющихся в разных фазах движения

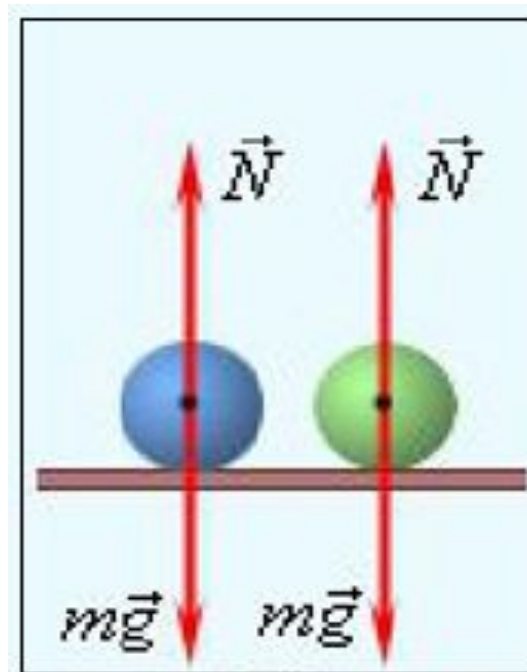
# Реакция опоры

Действие веса тела на опору встречает противодействие, которое называют *реакцией опоры* (или опорной реакцией).

*Реакция опоры* — это мера противодействия опоры действию на нее тела, находящегося с ней в контакте (в покое или движении). Она равна силе действия тела на опору, направлена в противоположную сторону и приложена к этому телу.

$N$  — реакция  
протеводействия опоры

$Mg$  — ( это сила, а именно  
тяжести)



Простыми словами, той силой, с которой мы давим на поверхность (опору), с такой же силой опора давит на нас.

# Момент Силы

**Момент Силы** – это величина вращающегося действия силы (усилие которое вращает предмет). Направление вращения зависит от того куда направлена действующая сила относительно оси вращения.

$$M=F*d$$

Где:

F – сила (сила тяжести гантели)

d – плечо силы



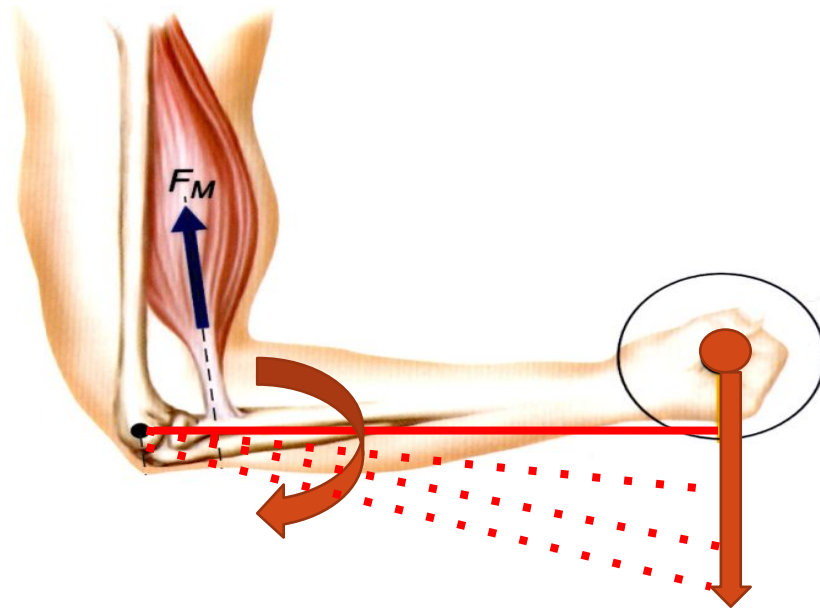
- 1) Работа мышцы заключается в преодолении внешнего отягощения
- 2) Преодолевая внешнюю нагрузку (момент вращения) действуя в противоположном направлении от нее, мышца может выступать как стабилизатор синергист или агонист
- 4) Оценим внешнюю нагрузку и ее направление (момент силы), тогда и поймем какие мышцы работают противодействуя в противоположном направлении от момента силы и оценим нагрузку на мышцы.



# Как определить направление момента силы:

**Способ 1:** Необходимо представить что ось вращения (сустав) не подвижен, а плечо силы вращается по направлению действия силы (силы тяжести снаряда, или реакции противодействия опоры) и мы поймем в какую сторону направлен момент

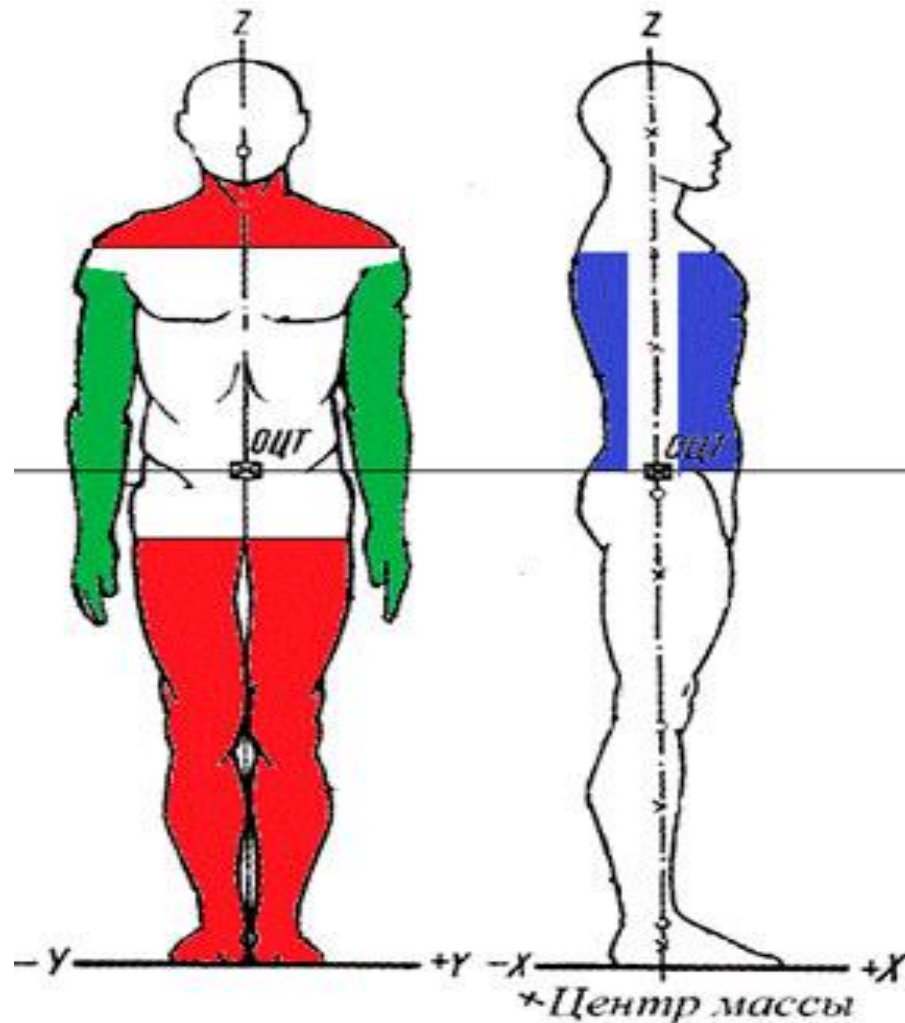
**Способ 2:** Приложить к оси вращения (суставу) ручку, карандаш и тд. и начать вращать его по направлению силы и мы поймем в каком направлении будет направлен момент силы.



Момент силы направлен по часовой стрелке разгибая предплечье, значит мышцы сопротивляющиеся ему это мышцы сгибающие предплечье: Бицепс.

# Общий центр тяжести

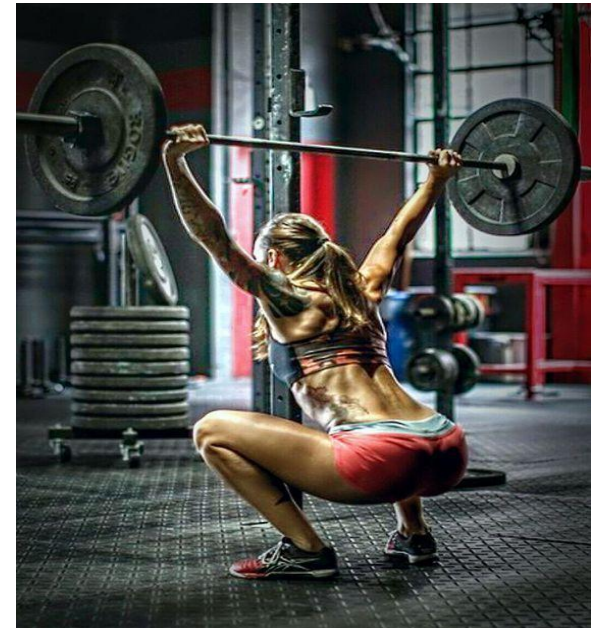
Положение ОЦТ живого человека находится на уровне второго крестцового позвонка. Отвесная линия из ОЦТ находится на 5 см сзади от фронтальной оси тазобедренных суставов на 3 см кпереди от таковой голеностопных суставов.



# Показатели тренировочной нагрузки

**Интенсивность** - характеристика отражающая как величину внешней нагрузки (т. н. *внешняя* интенсивность), так и степень усилия человека при ее преодолении («*внутренняя*» интенсивность она связана с величиной сдвигов в функциональном состоянии различных систем и органов, вызываемых этой нагрузкой).

«Внешняя» интенсивность тесно связана с развиваемой **мощностью** при выполнении упражнений. Чем большую мощность развивает атлет, тем больше будет интенсивность его тренировки



**Мощностью** называется количество работы, выполняемой за единицу времени.

Мощность ( $P$ ) можно определить как работу ( $A$ ) разделенную на количество времени ( $\Delta t$ ),

$$P = A / \Delta t$$

$A$  – работа (Дж)  
 $\Delta t$  – время (с)

Или мощность ( $P$ ) можно определить как произведение силы ( $F$ ) и скорости

$$P = F \cdot v$$

$F$  – сила (Н)  
 $v$  – скорость (м/с)



# Показатели тренировочной нагрузки

## Интенсивность возрастает при:

- Увеличении веса отягощения.
- Приближении к состоянию «отказа» в последних повторениях подхода.
- Сокращении паузы между подходами.
- Применении различных технических приемов - («форсированные повторения», «читинг», «метод уменьшения веса», «суперсеты» и др.



**Пример:** Предположим, атлет на одной тренировке выполняет *жим лежа* со штангой весом 100 кг в 6 повторениях, а на другой - с весом 110 кг в 6 повторениях. Темп, скорость и другие кинематические показатели одинаковы. Выполнить 10 повторений с весом 110 кг атлету удалось достаточно тяжело, и были выполнены «до отказа», с использованием одного «форсированного» повторения, а значит и интенсивность была выше.

# Показатели тренировочной нагрузки

**Объем нагрузки** - характеристика, связанная с **работой** ( $A$ ), выполненной человеком по преодолению внешнего сопротивления или по противодействию ему, а также с энергией ( $E$ ), затраченной им при проявлении силовых способностей для этой работы. Считается, что работа, выполненная системой, равна изменению энергии в системе, т. е. выполнение работы требует затрат энергии. Соотношение между работой и энергией можно записать в виде:

$$A = \Delta E$$

**Работа** - это величина, характеризующая, насколько можно сместить объект в определенном направлении при приложении силы.

Работа ( $A$ ) равна произведению силы на расстояние

$$A = F \cdot d$$

Где:

$F$  – сила (Н)

$d$  – расстояние (м)



# Показатели тренировочной нагрузки

## Объем возрастает при:

- Увеличении количества повторений в отдельном подходе.
- Увеличении количества подходов в упражнении.
- Увеличении количества упражнений на отдельную мышечную группу.



**Пример:** Выполнение 15 повторений со штангой весом 80 кг будет более объемной нагрузкой, чем приседания с весом 120 кг на 6 повторений, однако менее интенсивной. Примером проявления максимально объемной нагрузки будут служить соревнования по марафону, проявления максимально интенсивной нагрузки — соревнования по тяжелой атлетике.

# Выводы

- 1. Изучены основные понятия.
- 2. Разобраны виды воздействия на опорно-двигательный аппарат.
- 3. Разобраны виды рычагов и плеч сил.
- 4. Разобраны механические свойства мышечной ткани и показатели тренировочной нагрузки и способы влияния на них.