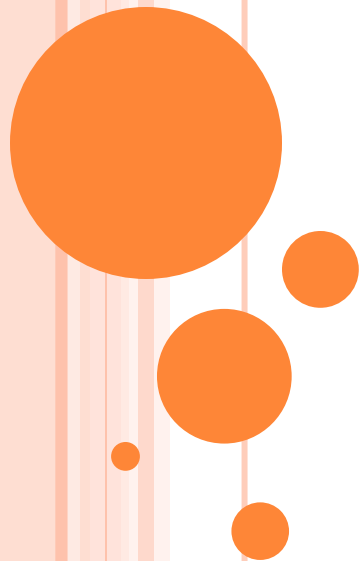


Лекция 3

БИОМЕХАНИКА ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА



ПЛАН ЛЕКЦИИ

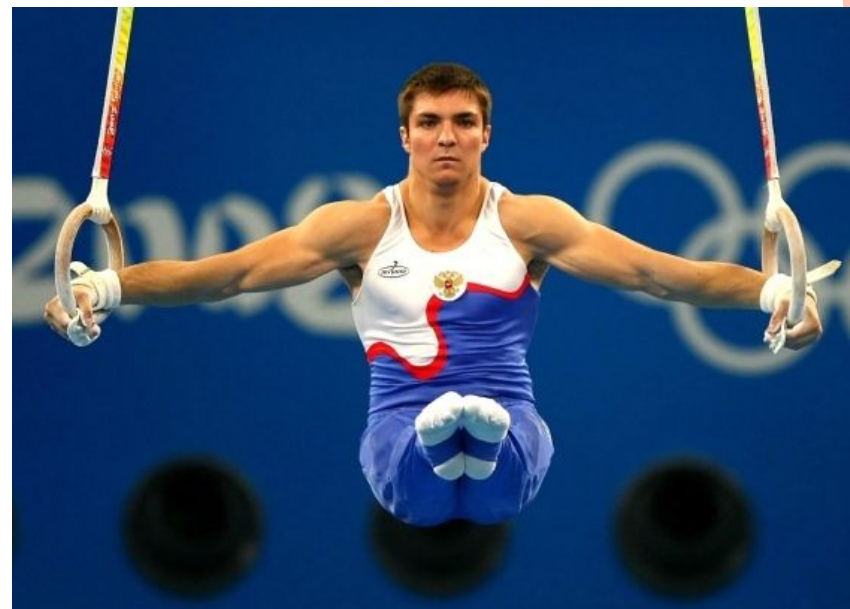


1. Строение, свойства и функции костей, суставов, связок и мышц
2. Биомеханическая модель тела человека: звено, пара, цепь
3. Рычаги и маятники в теле человека





СЖАТИЕ



ИЗГИБ

1

**Нагрузки, действующие на опорно-двигательный аппарат человека:
СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ**

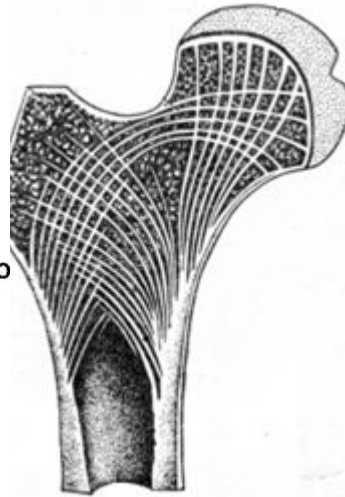
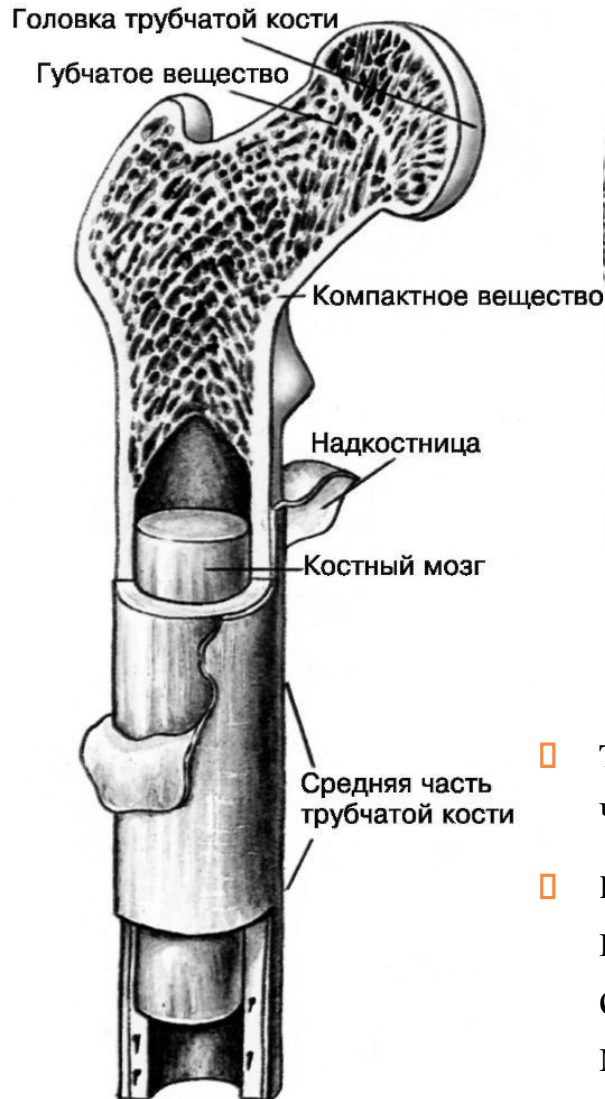


РАСТЯЖЕНИЕ



КРУЧЕНИЕ

СТРОЕНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОСТЕЙ



□ прочность

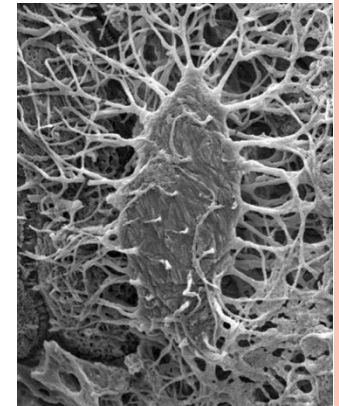
- на сжатие - $1260-1680 \text{ кг/см}^2$
- растяжение - 1240 кг/см^2
- кручение – $700-930 \text{ кг/см}^2$
- изгиб – 500 кг/см^2

□ хрупкость проявляется при деформации более 2% от исходной длины

□ плотность увеличивается до 25-30 лет, с 35 до 45 не изменяется, после 45 происходит разрежения костной ткани на 1% в год

□ твердость у мужчин на 10-12% выше, чем у женщин

□ пьезоэлектрические свойства компактного вещества проявляются в создании электромагнитного поля при механическом нагружении



СТРОЕНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДВИЖНЫХ (СИНОВИАЛЬНЫХ) СОЕДИНЕНИЙ КОСТЕЙ



Коэффициент трения между суставными хрящами — 0,01-0,02, в присутствии синовиальной жидкости - 0,005-0,012

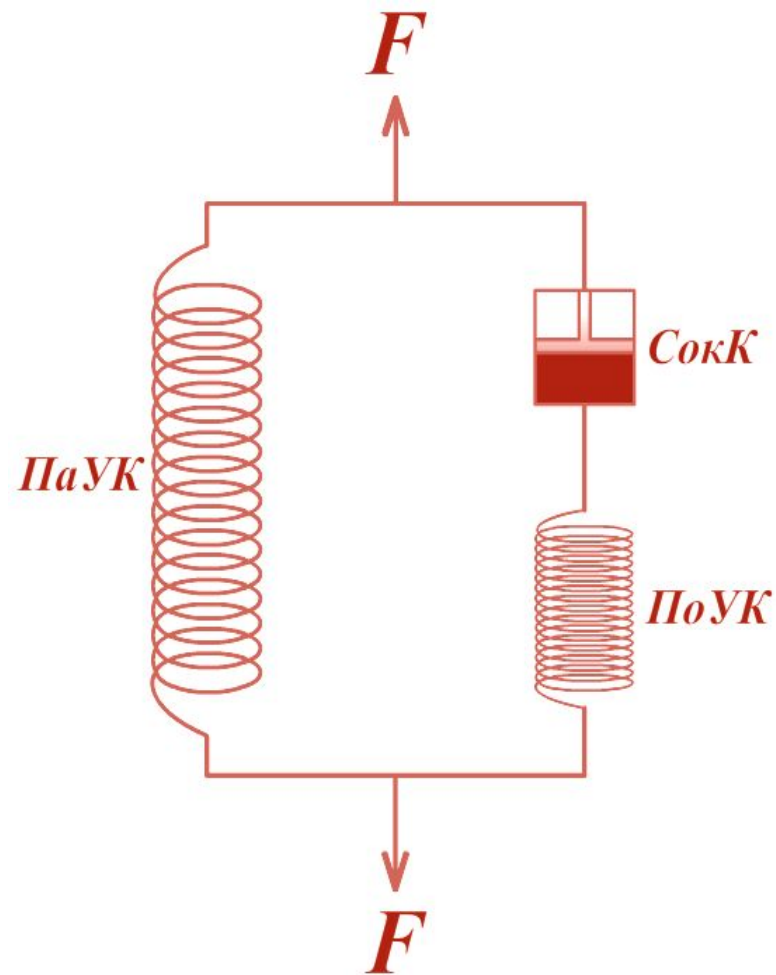
Удельный вес синовиальной жидкости - $1,07 \times 10^4 \text{ Н/м}^3$, относительная вязкость колеблется от 5,7 до 1160.

Суставной хрящ выдерживает **нагрузку на растяжение** - $151,0 \text{ кг/см}^2$, **сжатие** - $272,0 \text{ кг/см}^2$.

Упругость суставного хряща меняется от 2,3 до 50 МПа, а **модуль сдвига** — от 0,4 до 4,1 МПа



МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЦЫ

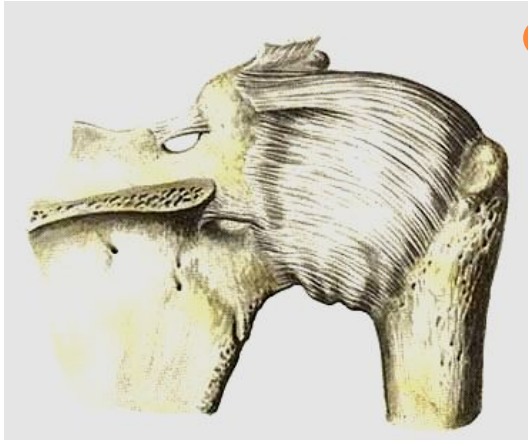


МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОКРАТИТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА (СоК)

- биологические: возбудимость, сократимость, релаксация;
- собственно механические и квазимеханические (*квази...* - почти):
 - **упругость.** Коэффициент упругости от 10 до 120 кг/см²;
 - **пластичность** – проявляется в большой растяжимости и малой потере энергии при растяжении;
 - **жесткость.** Коэффициент жесткости от 5 до 38 кг/см;
 - **прочность.** Разрыв мышцы происходит при силе 1-4 кг/см²
 - **податливость**;
 - **ползучесть** – при неизменном напряжении мышца со временем удлиняется;
 - **вязкость** – запаздывание деформации;
 - **демпфирование**;
 - **релаксация** – уменьшение напряжения при неизменной длине



МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО (ПоУК) и ПАРАЛЛЕЛЬНО УПРУГИХ (ПаУК) КОМПОНЕНТОВ

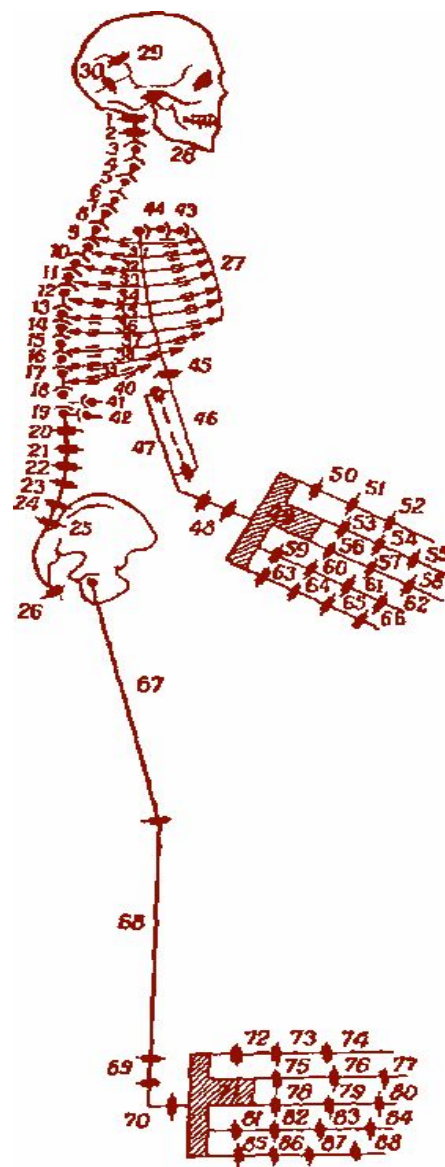
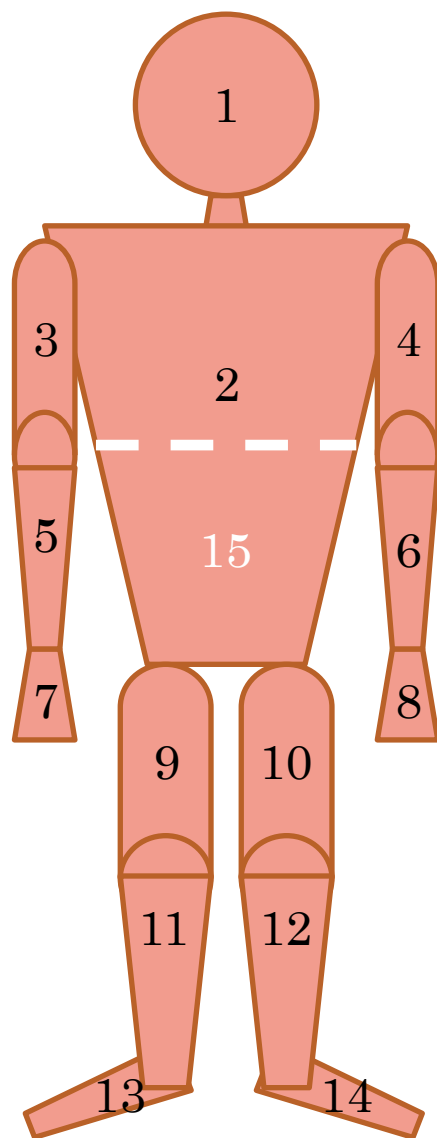


- **предельная прочность.** Предел прочности сухожилий составляет 40-60 кг/см², а фасций — 14 кг/см²

- **предельное удлинение.** При изменении длины от 2 до 5% от исходного значения приводит к микроразрывам



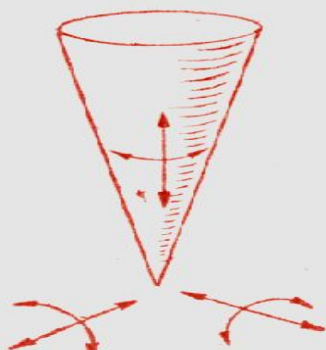
БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА



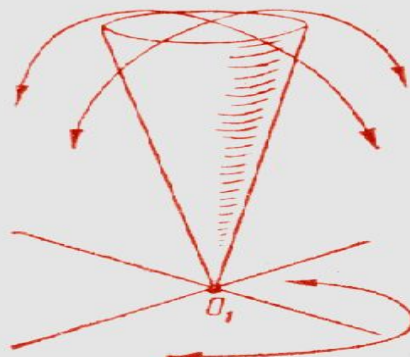
ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ В СУСТАВАХ

степени свободы

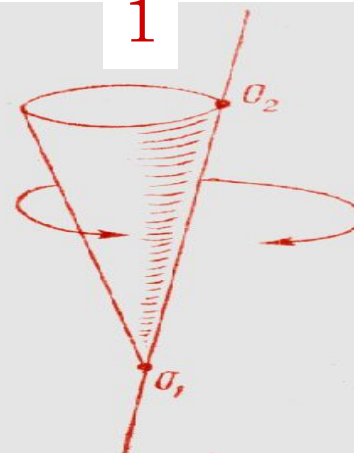
6



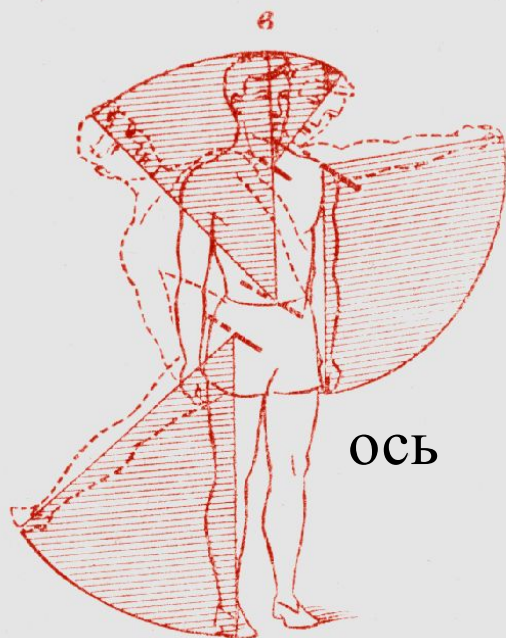
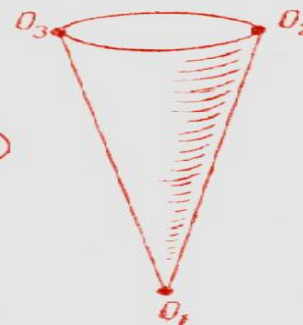
3



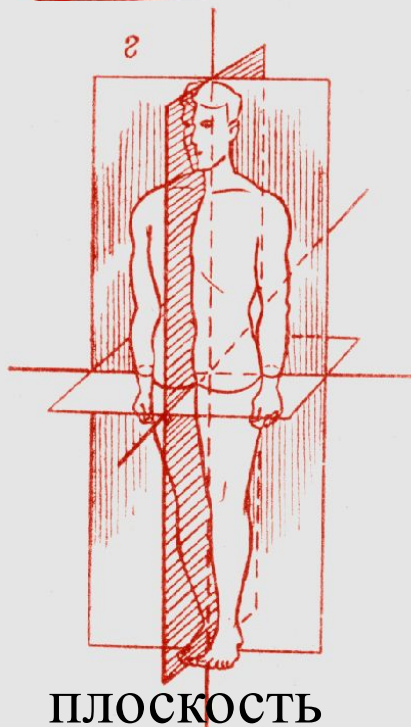
1



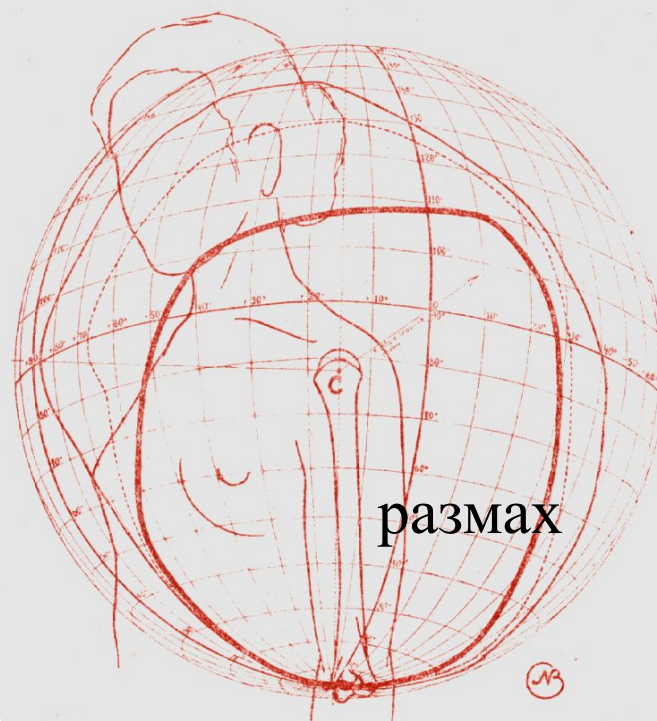
0



ось



ПЛОСКОСТЬ



размах

ФОРМУЛА РАСЧЕТА СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ В БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

$$N = 6n \times \sum_{i=3}^5 ik_i$$

где:

N — количество степеней свободы,

n — число подвижных звеньев (костей),

k_i — суставы, принадлежащие к определенным классам,

i — число ограничений (связей) степеней свободы:

$i=3$ (для сустава с 3-мя наложенными связями и 3-мя степенями свободы),

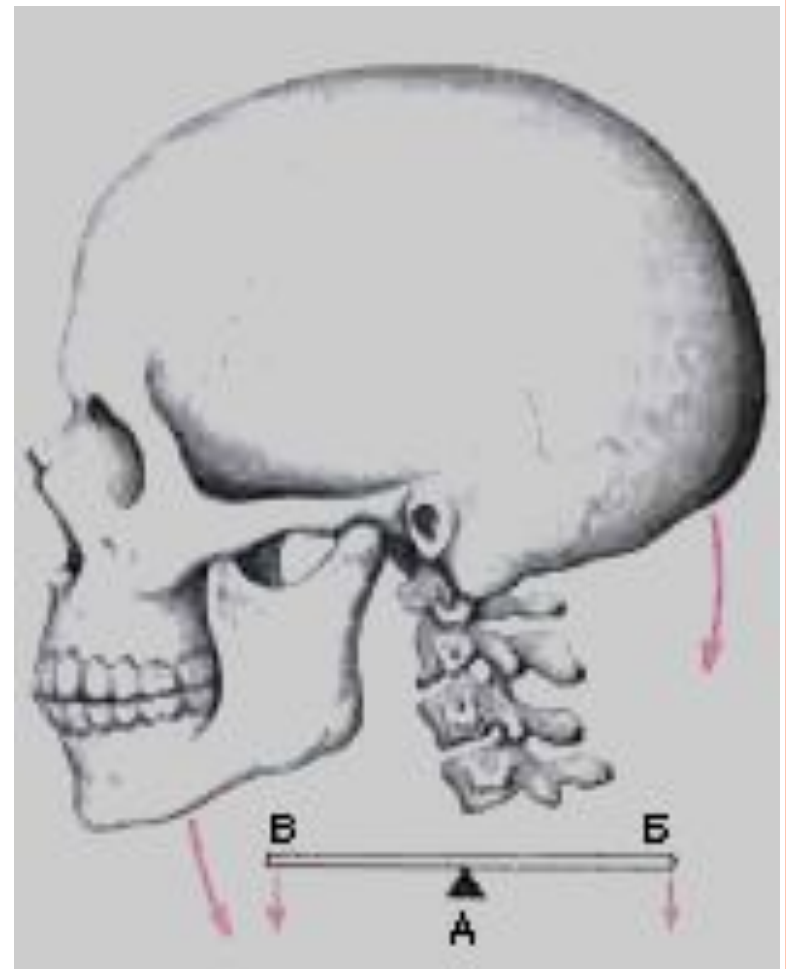
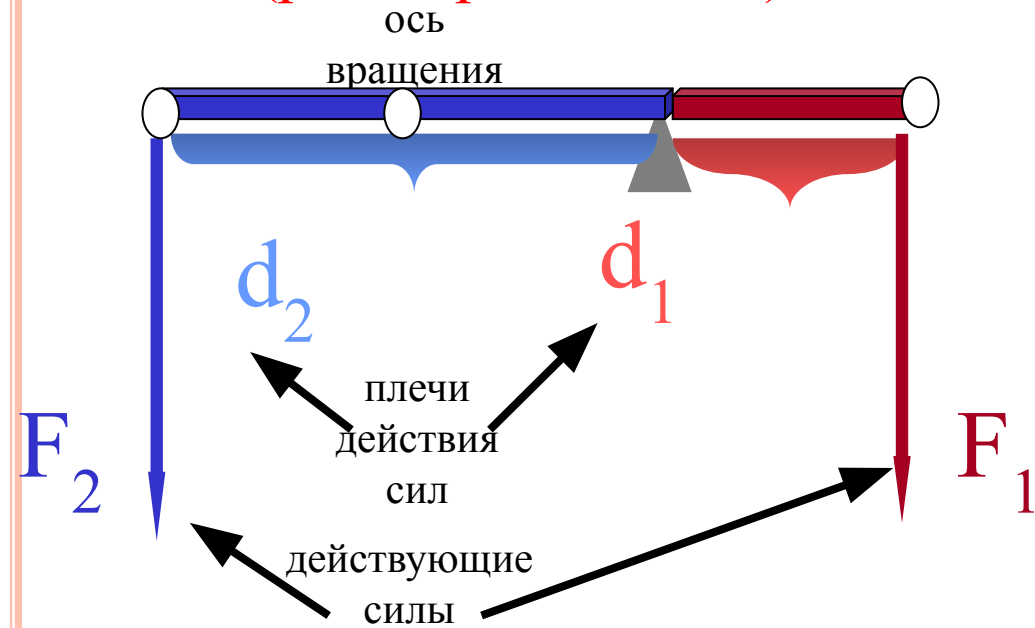
$i=4$ (для сустава с 4-мя наложенными связями и с 2-мя степенями свободы),

$i=5$ (для сустава с 5-ю связями и 1-ой степенью свободы)



РЫЧАГИ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

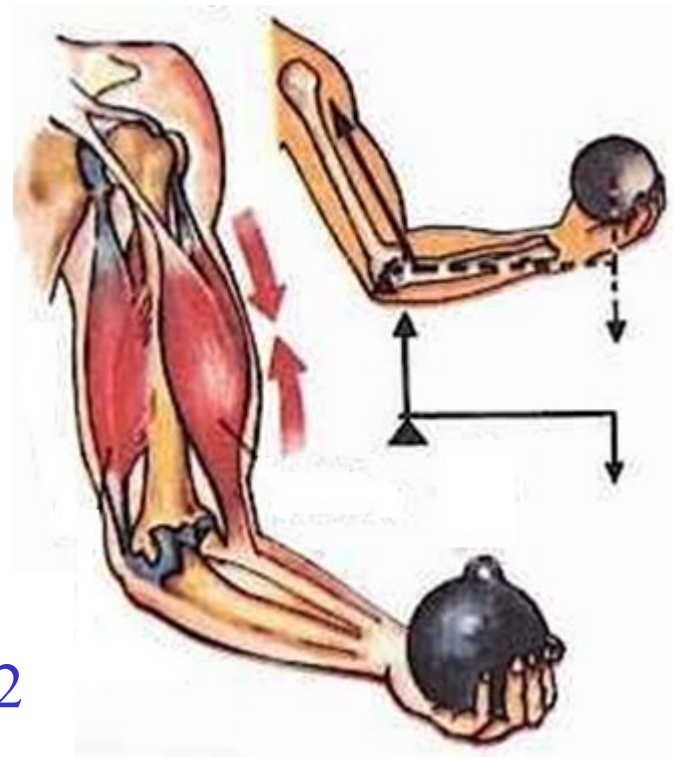
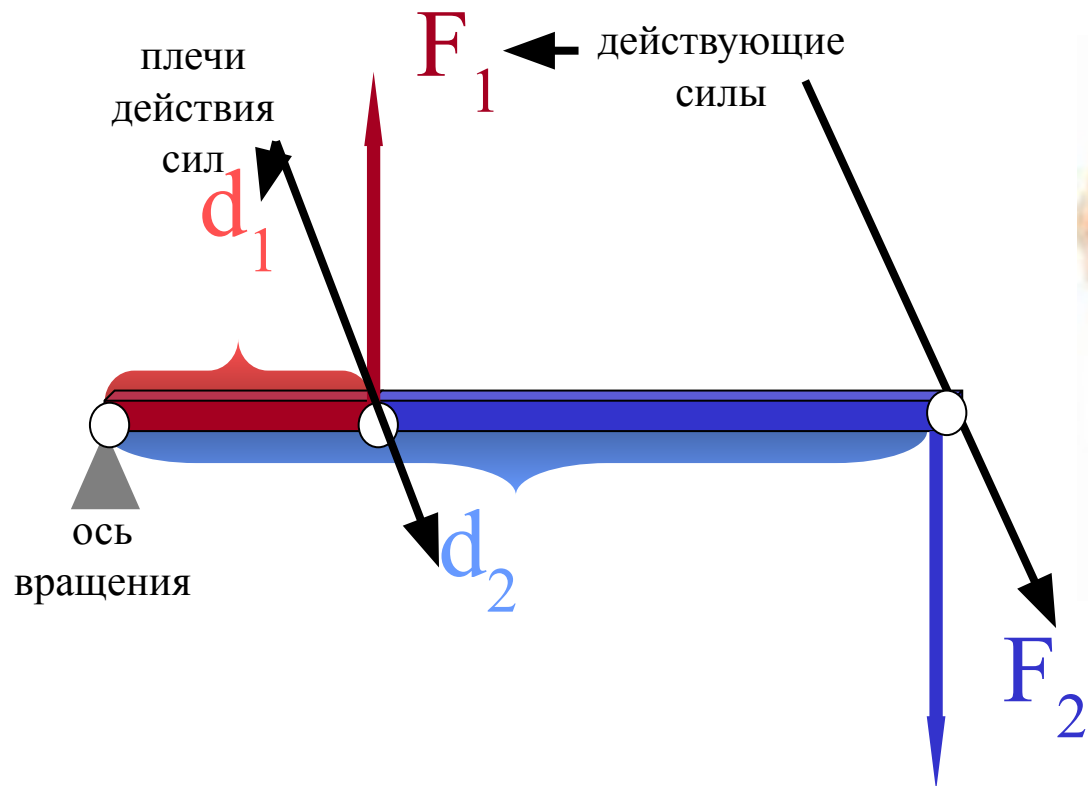
Рычаг первого рода (рычаг равновесия)



РЫЧАГИ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

Рычаг второго рода

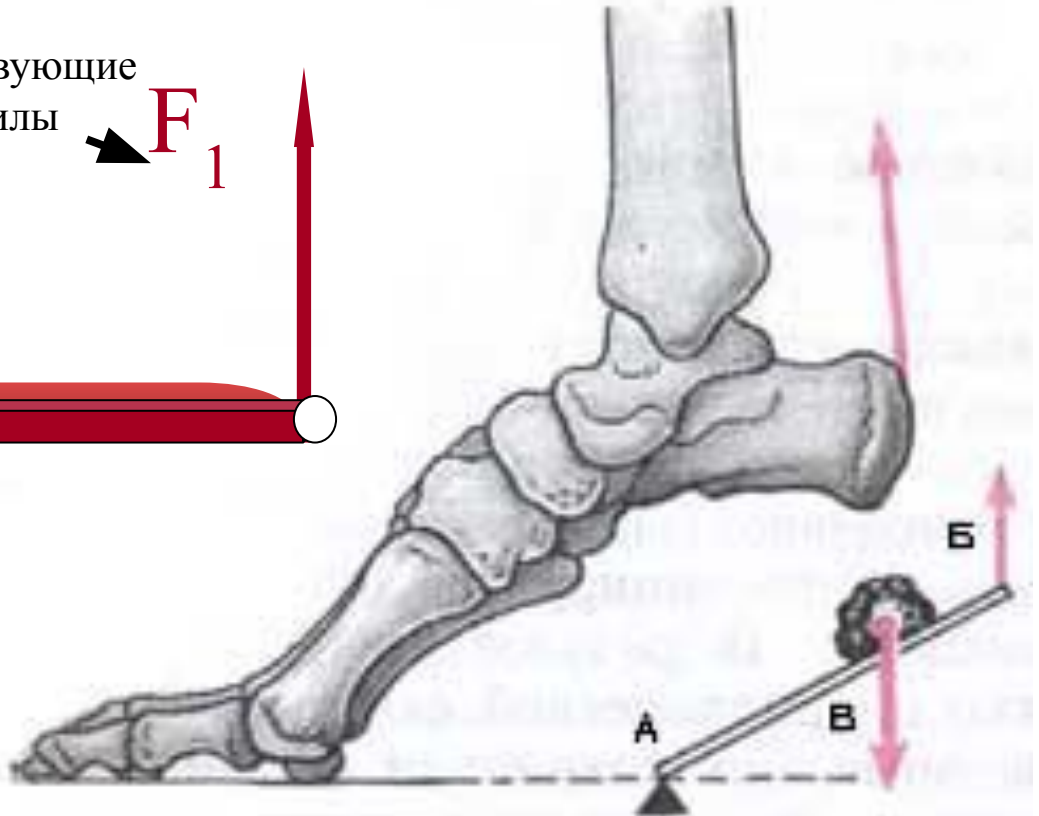
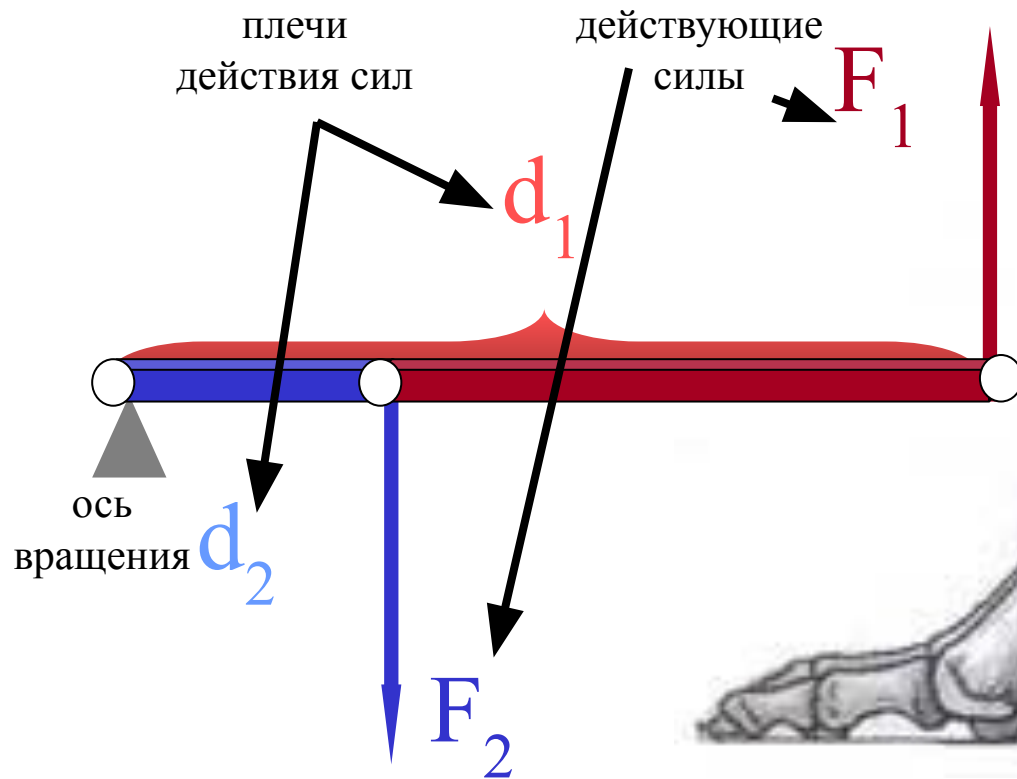
(рычаг скорости)



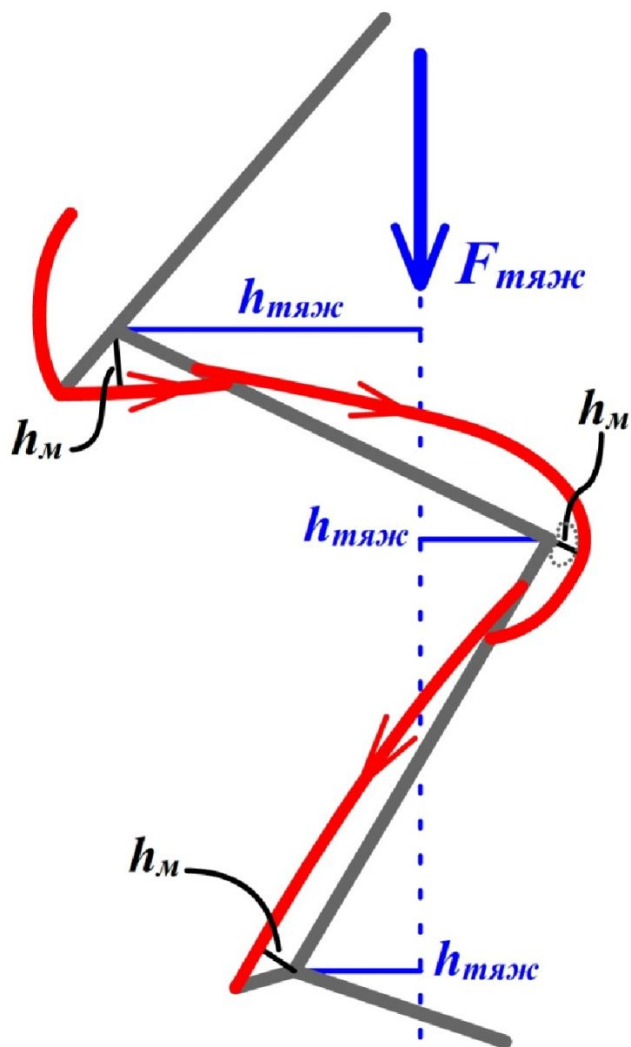
РЫЧАГИ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

Рычаг третьего рода

(рычаг силы)



СОСТАВНЫЕ РЫЧАГИ



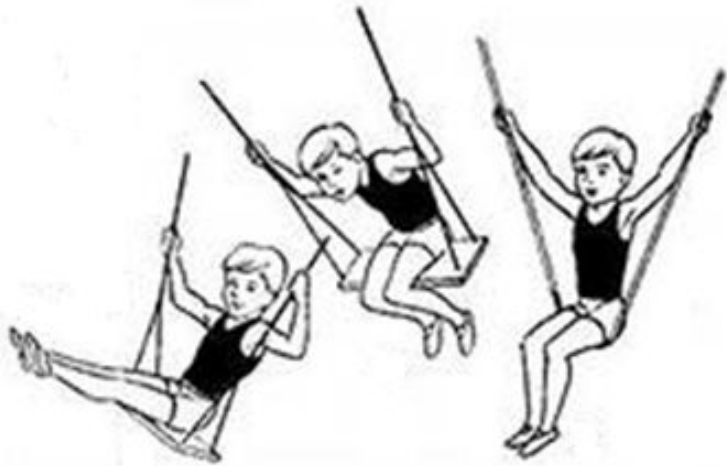
Составной рычаг состоит из нескольких рычагов. При совместной работе этих рычагов развивается совместная сила F . Для ее вычисления используют формулу:

$$F = \frac{sF_1}{l}$$

где s — удлинение сложного рычага,
 l — общая длина составного рычага,
 α — угол между звеньями составного рычага



МАЯТНИКИ



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgr}} = 2\pi \sqrt{\frac{\cancel{mr^2}}{\cancel{m}g}} = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}}$$

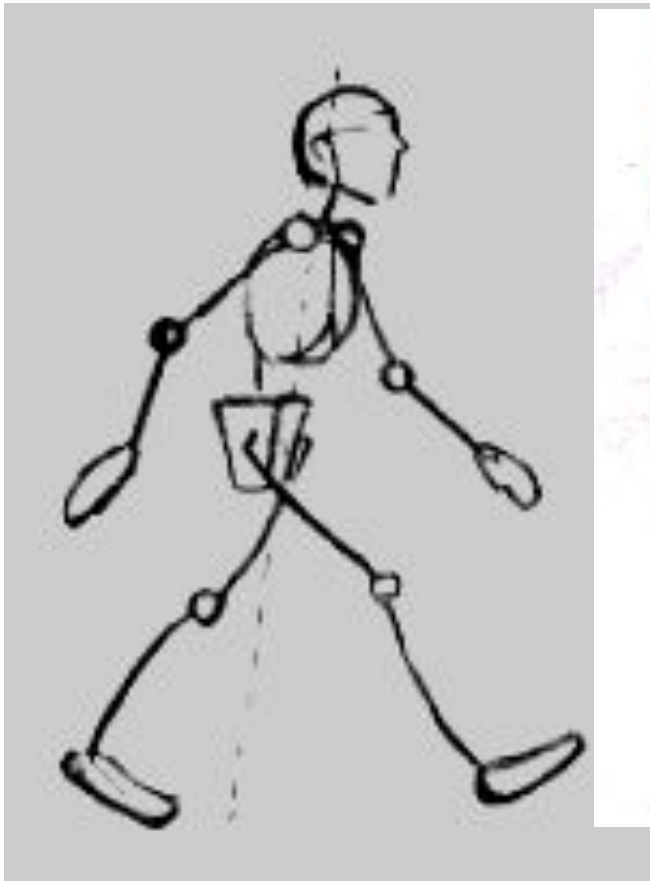
где:

I – момент инерции маятника
относительно оси вращения,

m - масса маятника,

g - ускорение свободного
падения,

r - радиус от оси вращения до
центра масс маятника



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

