

Лекция 3

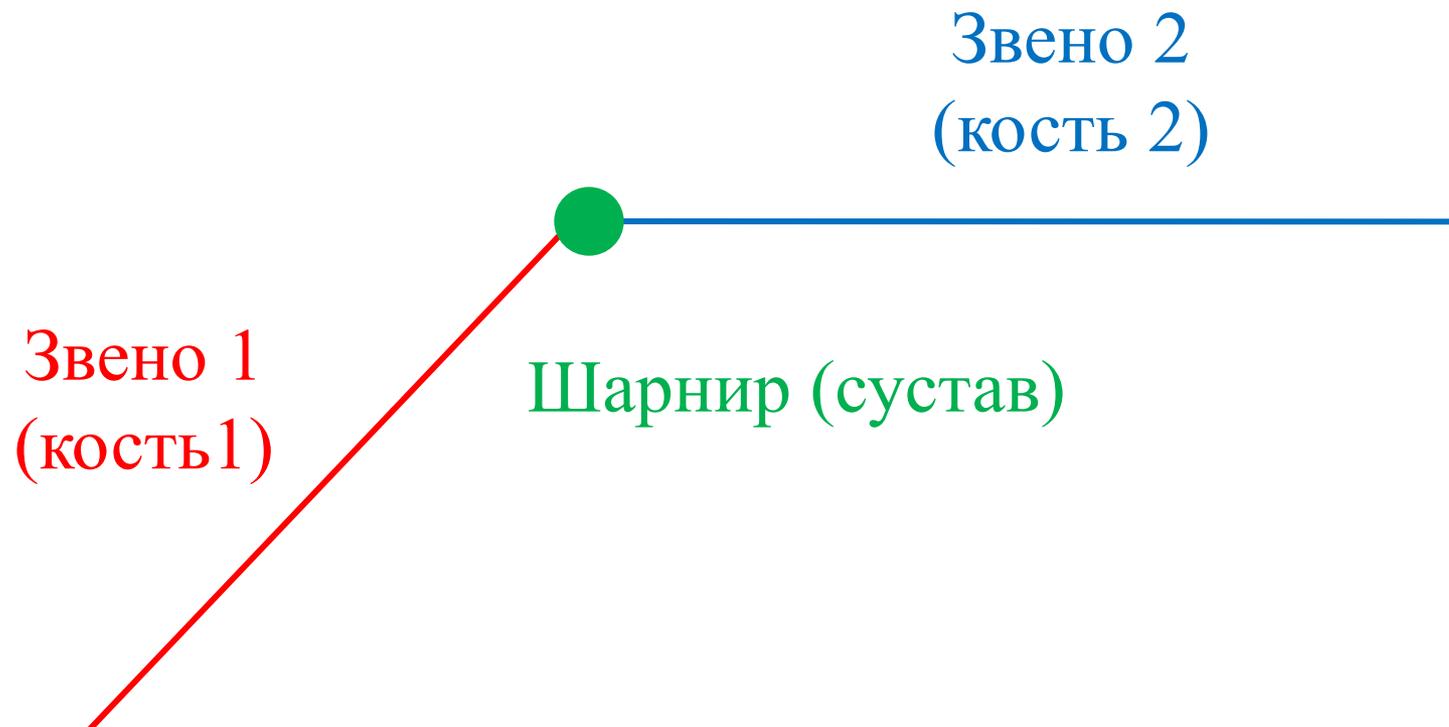
18. 02. 2017

Биомеханика опорно-двигательного аппарата (ОДА)
человека.

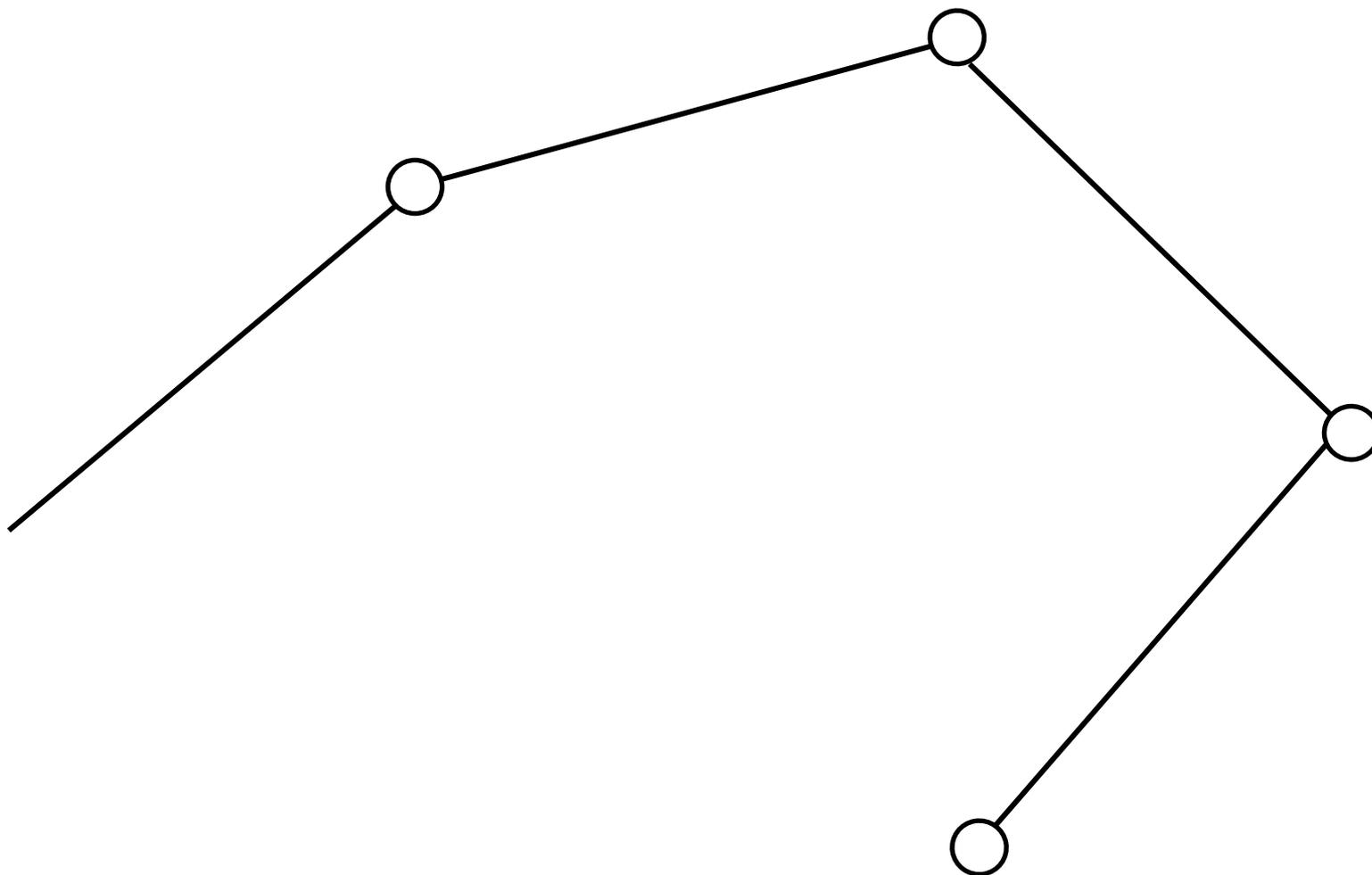
Биофизика мышечного сокращения.

Механизм – система, состоящая из нескольких связанных между собой частей (звеньев), совершающих различные типы движений

Кинематическая пара (кинематическая связь)



Кинематическая цепь (КЦ)



Число степеней свободы механизма – число независимых координат, необходимых для определения положения всех звеньев механизма

или число независимых движений, на которые раскладываются движения всех звеньев механизма

Накладываемые кинематические связи уменьшают число степеней свободы механизма

Отдельное свободное звено:

$$i_{\text{ОСЗ}} = i_{\text{П}} + i_{\text{ВР}} = 3 + 3 = 6$$

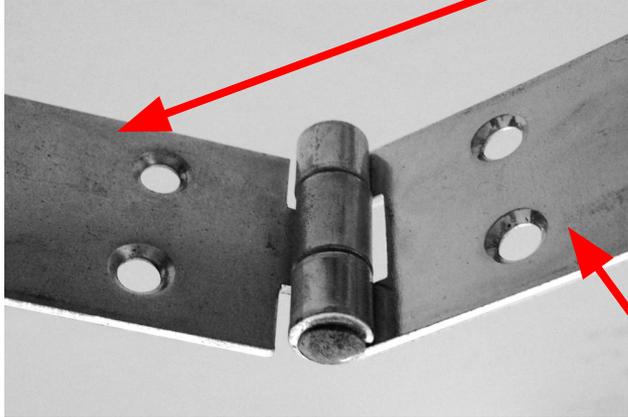
Число ограничений, накладываемых на движение одного звена относительно другого звена
– класс сустава:

$$K_C$$

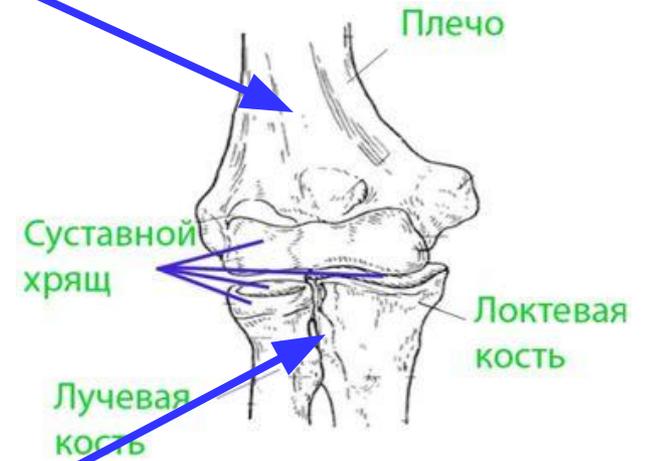
Число степеней свободы одного звена относительно другого:

$$i_{2-1} = i_{\text{ОСЗ}} - K_C = 6 - K_C$$

Звено 1



Звено 2



$$i_{2-1} = 1$$

$$K_C = 5$$

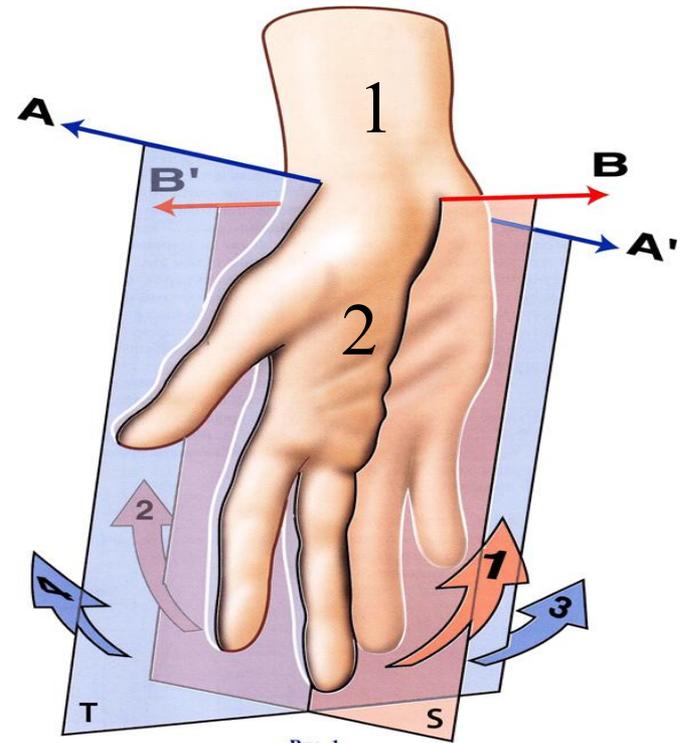


Рис. 1

$$i_{2-1} = 2$$

$$K_C = 4$$



$$i_{2-1} = 3$$

$$K_C = 3$$

Число степеней свободы механизма:

N – число подвижных звеньев;

$N - 1$ – число сочленений;

x_{C3}, x_{C4}, x_{C5} – количество сочленений данного класса;

число степеней свободы механизма:

$$i = 6 \cdot N - 3 \cdot x_{C3} - 4 \cdot x_{C4} - 5 \cdot x_{C5}$$

Скелет человека:

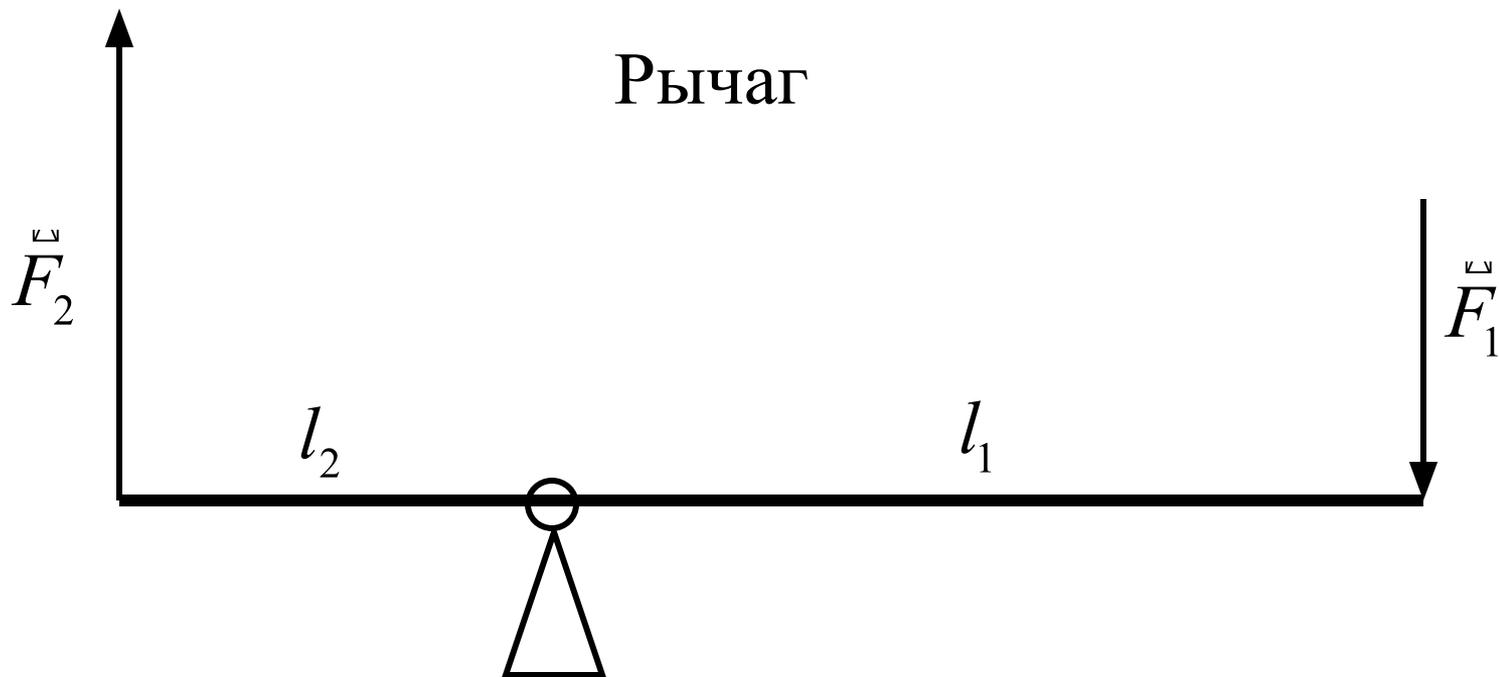
$$N = 148 \quad (206)$$

$$\left. \begin{array}{l} x_{C3} = 29 \\ x_{C4} = 33 \\ x_{C5} = 85 \end{array} \right\} 147$$

$$i = 6 \cdot 148 - 3 \cdot 29 - 4 \cdot 33 - 5 \cdot 85 = 244$$

ОДА = сочлененные кости скелета +
+ сухожилия и мышцы =
= совокупность рычагов, удерживаемых и
управляемых человеком

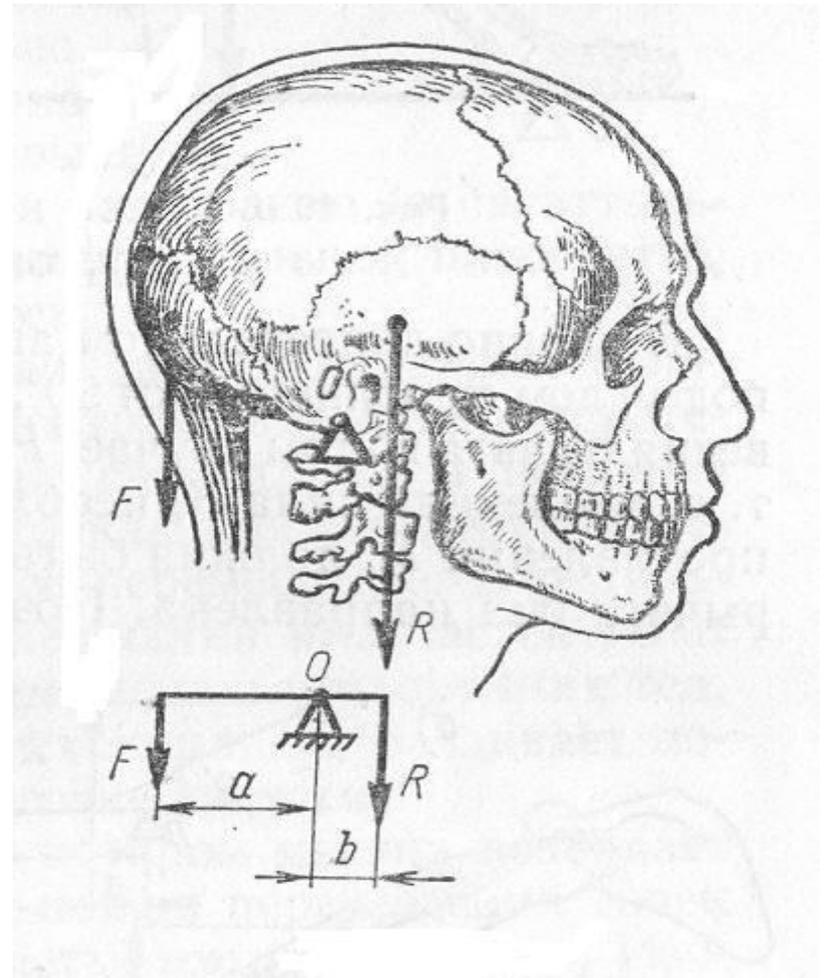
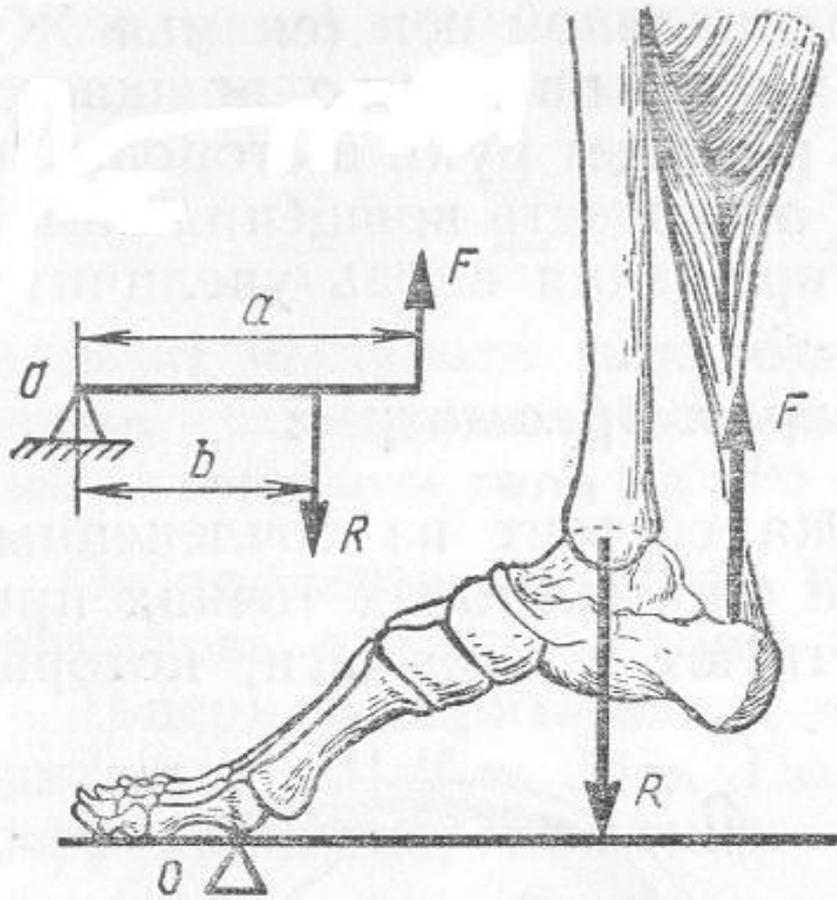
Рычаг

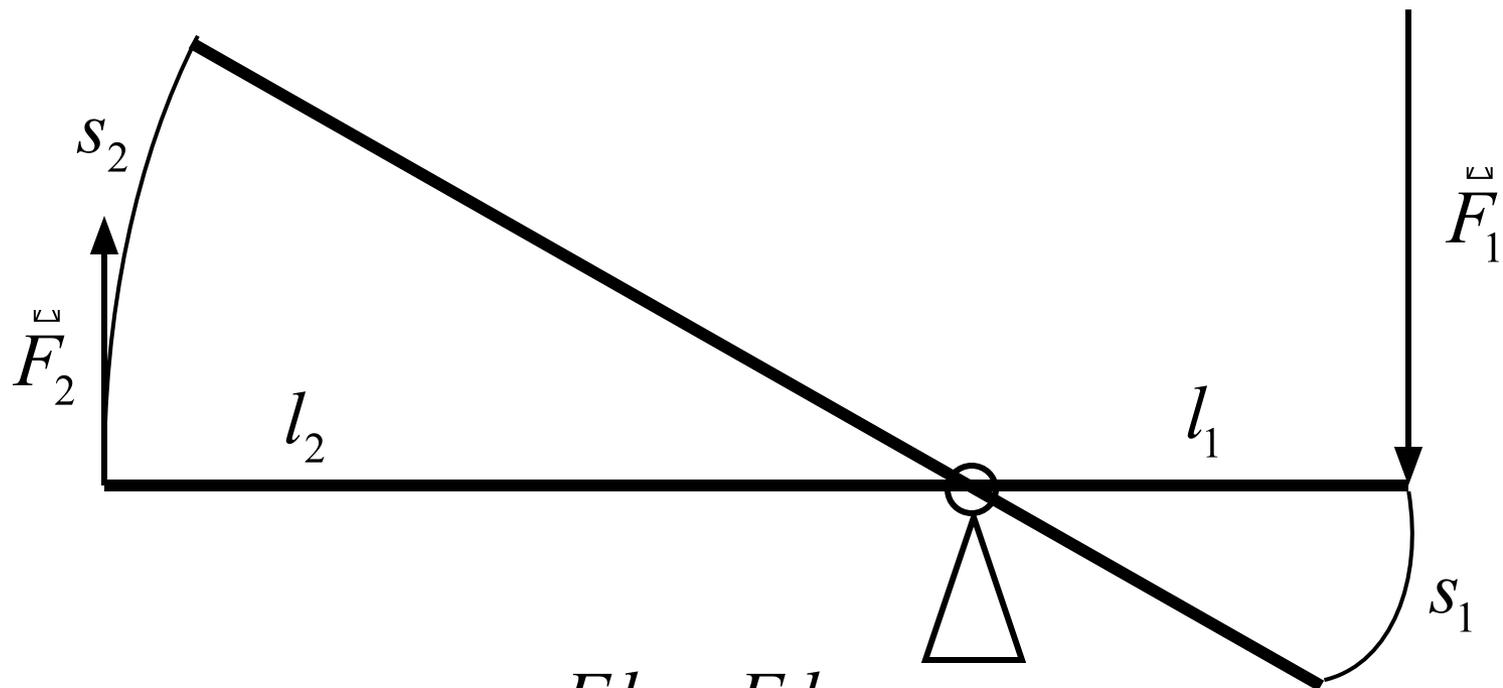


$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

$$F_2 = F_1 \frac{l_1}{l_2}$$

Рычаг силы





$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

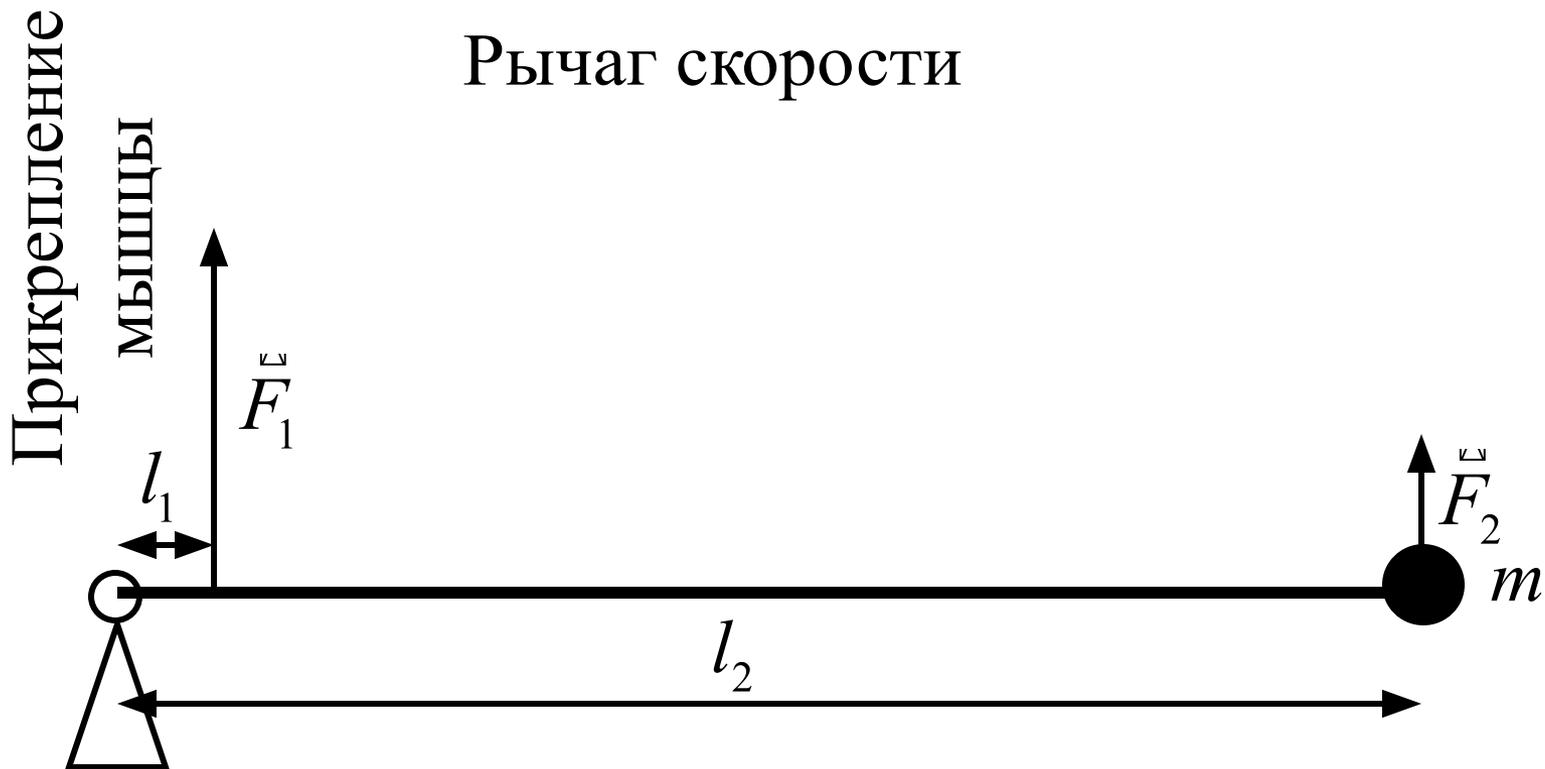
$$F_1 s_1 = F_2 s_2$$

$$F_1 v_1 = F_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{F_1}{F_2} v_1$$

Рычаг скорости

Рычаг скорости



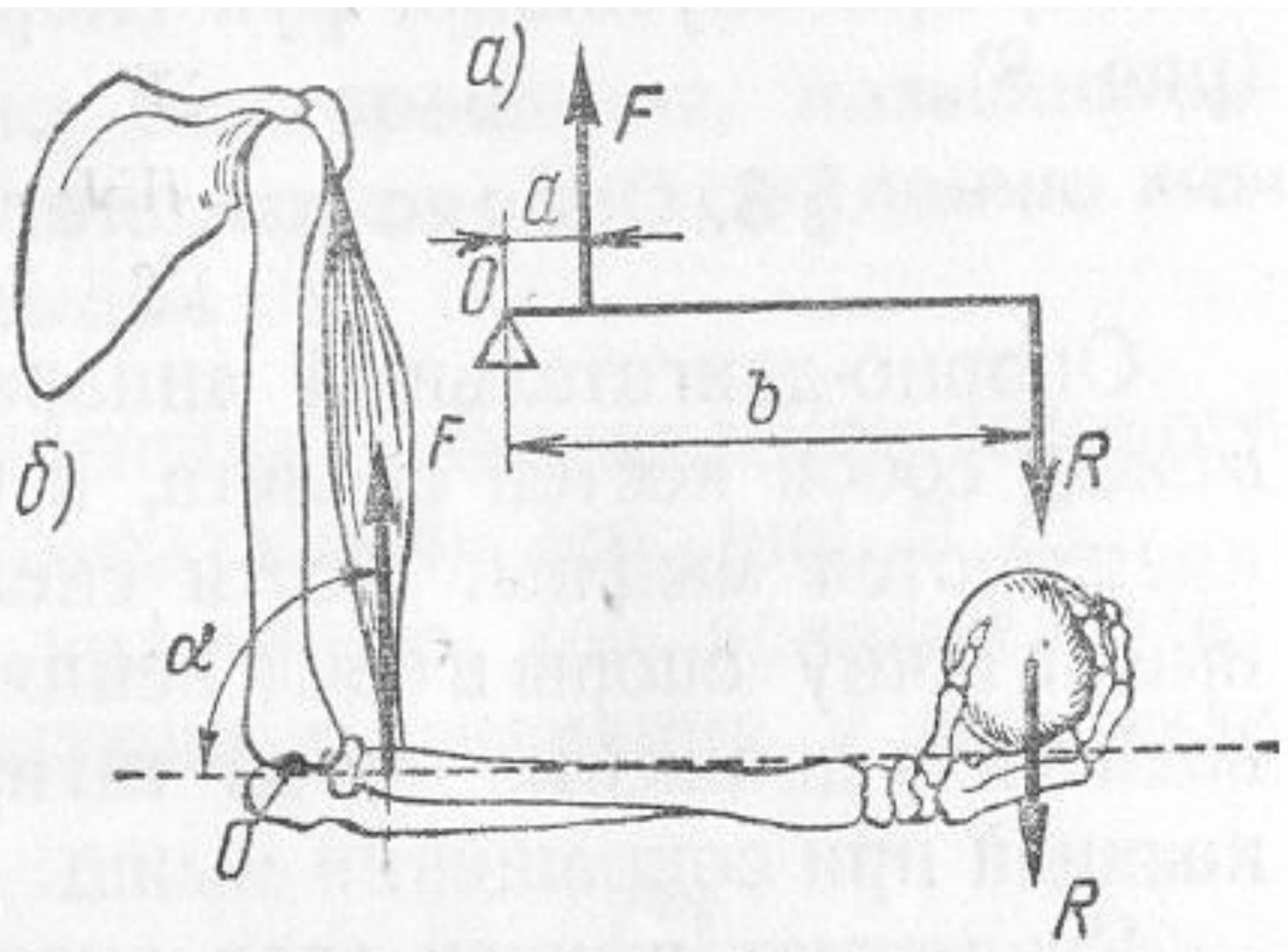
$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

$$F_1 v_1 = F_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{F_1}{F_2} v_1 = \frac{l_2}{l_1} v_1$$

СВИНГ И ХУК:

$$\vec{F} = \frac{m(\vec{v}_2 - \vec{v}_{\text{ПАРТ.}})}{\Delta t}$$



Механическая работа человека

Складывается из работ по изменению кинетических энергий поступательного и вращательного движений частей биомеханизма и механизма в целом

Ходьба: $m = 75$ кг Велосипед:

$$P = 1,5 \frac{M}{c} \text{ Вт} = 60$$

$$P = 2,5 \frac{M}{c} \text{ Вт} = 30$$

$$m = 75 \text{ кг}$$

$$h = 1,40 \text{ м}$$

$$t = 0,2 \text{ с}$$

$$B_{\text{м}} \frac{mgh}{t} = \frac{70 \cdot 9,81 \cdot 1,40}{0,2} = 4800$$

«Статическая» работа мышц

Эргометрия – методы количественной оценки работоспособности человека путем регистрации его мышечной работы с одновременным ЭКГ и клиническим контролем

Велоэргометрия – определяется работа, совершенная человеком против силы трения при вращении педалей неподвижного велосипеда

Тредмилэргометрия – контролируемая нагрузка при ходьбе или бегу по движущейся дорожке

Общие выводы:

1. Скелет человека – сложный биомеханизм с большим числом звеньев и сочленений между ними, т.е. с большим числом степеней свободы (244) относительных движений

2. Такой механизм обладает очень большой подвижностью и является крайне неустойчивым из-за большого числа степеней свободы при высоком положении центра масс (тяжести)

3. Устойчивость скелета, относительное перемещение частей его относительно друг друга и движение скелета, как целого, относительно других тел, возможно только при наличии окружающего скелет мышечного каркаса

4. ОДА = подвижные и неподвижные кости +
+ сухожилия и мышцы