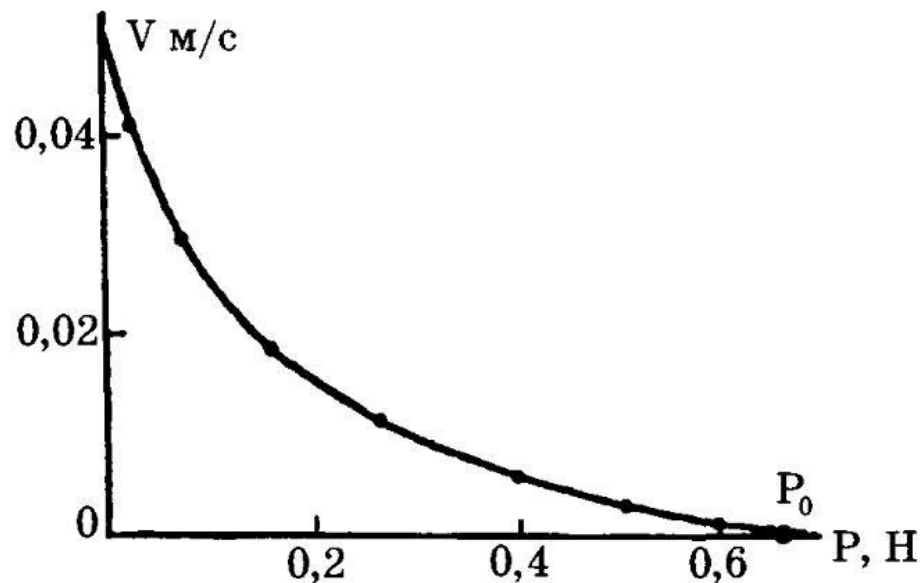


Уравнение Хилла. Мощность одиночного сокращения.

Зависимость скорости укорочения от нагрузки P является важнейшей при изучении работы мышцы, так как позволяет выявить закономерности мышечного сокращения и его энергетики.

Она была подробно изучена при разных режимах сокращения Хиллом и представлена на графике



Зависимость скорости одиночного сокращения мышцы от нагрузки

Им же было предложено эмпирическое выражение, описывающее эту кривую:

$$V(P) = \frac{b(P_0 - P)}{P + a}.$$

P_0 – максимальное изометрическое напряжение, развиваемое мышцей, или максимальный груз, удерживаемой мышцей без ее удлинения; b – константа, имеющая размерность скорости, a – константа, имеющая размерность силы.

Это выражение называется **уравнением Хилла**, и является основным характеристическим уравнением механики мышечного сокращения.

Из уравнения Хилла следует, что максимальная скорость развивается при $P = 0$:

$$V_{\max} = P_0 \frac{b}{a}.$$

При $P = P_0$ получаем $V = 0$, т.е. укорочение не происходит.

Работа A , производимая мышцей при одиночном укорочении на величину Δl равна:

$$A = P\Delta l.$$

Эта зависимость нелинейная, т.к. $V=f(P)$. Но на ранней фазе сокращения можно пренебречь этой нелинейностью и считать $V=\text{const}$. Тогда

$$\Delta l = V\Delta t$$

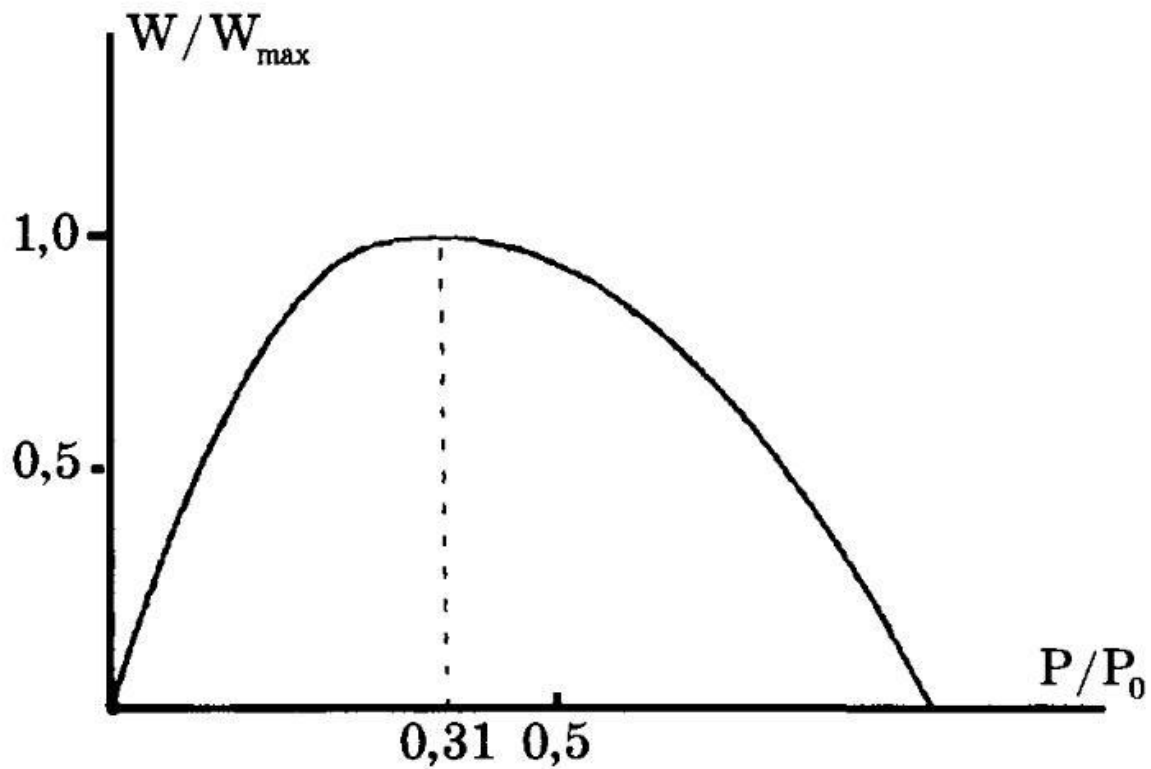
Развиваемая мышцей мощность $W = \frac{dA}{dt}$
имеет вид:

$$W = PV.$$

Подставив это уравнение в уравнение Хилла, получим зависимость мощности от развиваемой силы P :

$$W(P) = PV = \frac{b(P_0 - P)}{P + a} P.$$

Функция $W(P)$ имеет колоколообразную форму:



Зависимость мощности мышцы от нагрузки

Мощность равна нулю при $P=P_0$ и $P=0$ и достигает максимального значения при оптимальной величине нагрузки $P_{\text{опт}}$:


$$P_{\text{опт}} = \sqrt{a(P_0 + a)} - a$$

Эффективность работы мышцы при сокращении может быть определена как отношение совершенной работы к затраченной энергии ΔE :

$$\eta_M = \frac{A}{\Delta E}.$$

Развитие наибольшей мощности и эффективности сокращения достигается при усилиях 0,3 – 0,4 от максимальной изометрической нагрузки P_0 для данной мышцы.

Это используют, например, спортсмены-велогонщики: при переходе с равнины на горный участок нагрузка на мышцы возрастает и спортсмен переключает скорость на низшую передачу, тем самым уменьшая P , приближая ее к $P_{\text{опт}}$.



**Благодарю за
внимание!**