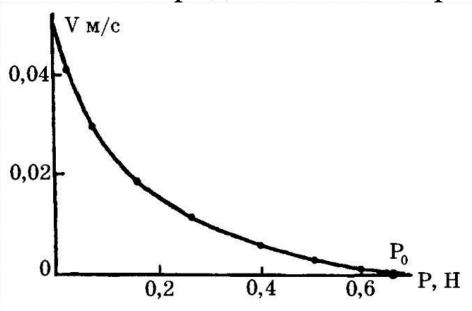
Уравнение Хилла. Мощность одиночного сокращения.

Зависимость скорости укорочения от нагрузки Р 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_{o} – 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=const. Тогда

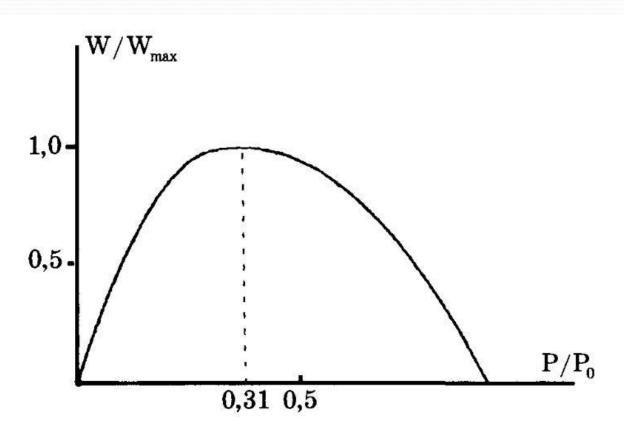
$$\Delta l = V \Delta t$$

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

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

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

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 $P_{_{\rm OПT}}$:

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

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

$$\xi_{M} = \frac{A}{\Delta E}$$
.

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

Это используют, например, спортсменывелогонщики: при переходе с равнины на горный участок нагрузка на мышцы возрастает и спортсмен переключает скорость на низшую передачу, тем самым уменьшая Р, приближая ее к Р_{опт}.

Благодарю за внимание!