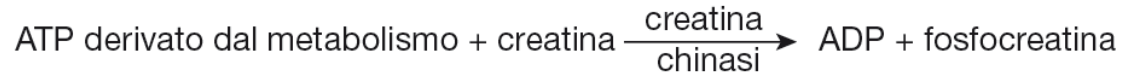


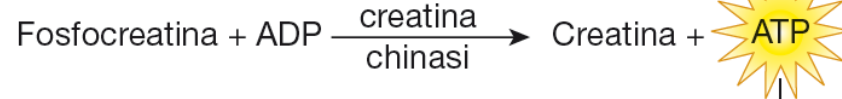
Fosfocreatina

Il muscolo a riposo accumula l'energia dell'ATP nei legami fosfato ad alta energia della fosfocreatina. Poi il muscolo in attività sfrutta questa disponibilità energetica.

Muscolo a riposo



Muscolo in esercizio



necessario per



- Miosina ATPasi (contrazione)
- Ca^{2+} -ATPasi (rilasciamento)
- Na^{+} - K^{+} ATPasi (riporta nei loro compartimenti di origine gli ioni che attraversano la membrana cellulare durante il potenziale d'azione)

Fonte di energia primaria:

Glucosio $\xrightarrow{\text{Glicolisi} + \text{O}_2}$

Piruvato $\xrightarrow{\text{ciclo Krebs}}$

30 ATP

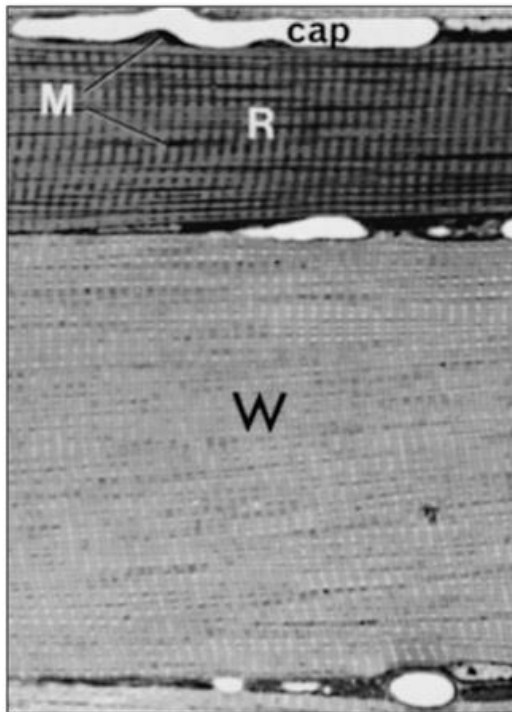
Glucosio $\xrightarrow{\text{Glicolisi} - \text{O}_2}$

Ac lattico + 2 ATP

Classificazione dei tipi di fibra muscolare

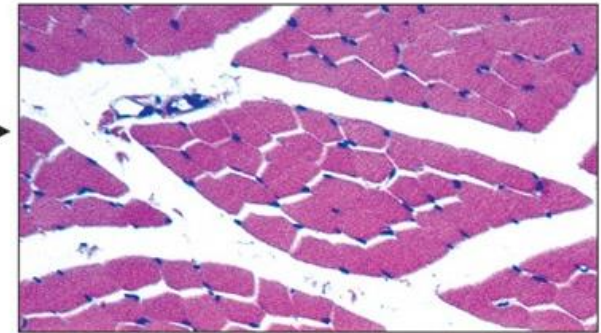
FIBRE TONICHE: specializzate per contrazioni lente e continue

FIBRE FASTICHE lente e rapide: specializzate per movimenti



Fibre ossidative lente (tipo I)

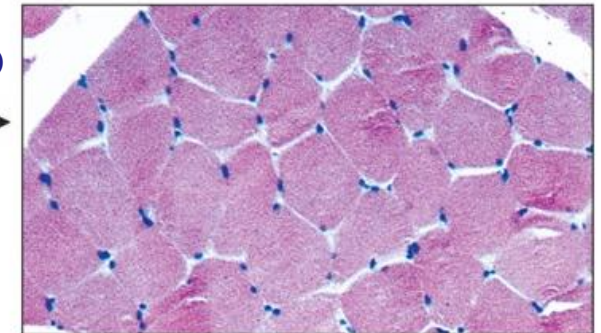
← **Fibre muscolari ossidative a contrazione lenta (rosse)** →
Notate il diametro minore e il colore più scuro dovuto alla mioglobina. Mostrano resistenza alla fatica. Scosse lente (fino a 75 ms)



Fibre rapide ossidativo-glicolitiche (tipo IIa)

Fibre rapide glicolitiche (tipo IIb)

← **Fibre muscolari glicolitiche a contrazione rapida (bianche)** →
Diametro maggiore, colore più chiaro. Vanno rapidamente incontro a fatica. Scindono ATP e pompano Ca^{2+} nel reticolo più rapidamente. Hanno scosse più veloci (7,5 ms)



Distinzione sulla base di criteri biochimici, metabolici ed istologici

✓ **Proprietà della miosina: velocità di distacco dei ponti trasversi (determina V_{max})**

✓ **Tempo di permanenza del Ca^{2+} nel sarcoplasma**

✓ **Tipo di metabolismo, numero dei mitocondri e densità dei capillari**

Affaticamento muscolare

FATICA: condizione in cui il muscolo non è più in grado di generare o mantenere la potenza attesa (variabile ed influenzata da: intensità e durata dell'attività contrattile, tipo di metabolismo, composizione in fibre del muscolo, allenamento)

Affaticamento centrale: origine nel SNC

Affaticamento periferico: origine tra la giunzione neuromuscolare e l'apparato contrattile

- **Esercizio sub-massimale:** deplezione glicogeno (interferenza con rilascio Ca^{2+} dal RSP)
- **Esercizio massimale:** aumento P_i da fosfocreatina (alterazione attività ATPasica della miosina; formazione di fosfato di Ca^{2+})
- **Esercizio massimale:** accumulo K^+ extracellulare nei tubuli T (alterazione potenziale membrana e riduzione del rilascio Ca^{2+} dal RSP)

Unità motoria

Gruppo di fibre muscolari e motoneurone somatico che le innerva

3-5 fibre: in muscoli deputati ai movimenti fini

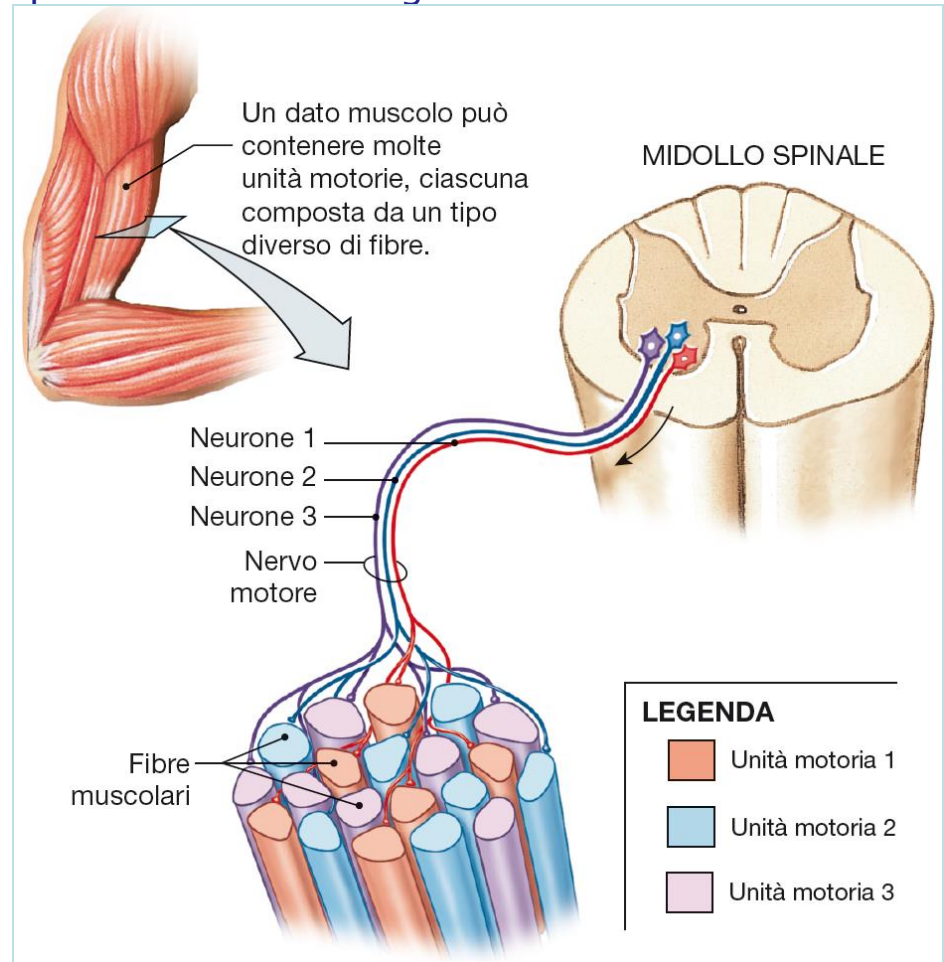
Centinaia-migliaia fibre: muscoli deputati a movimenti grossolani

Le contrazioni muscolari graduate sono determinate da:

1) attivazione di tipi diversi di unità motorie;

2) aumento del numero di unità motorie che rispondono in un certo momento (**reclutamento**)

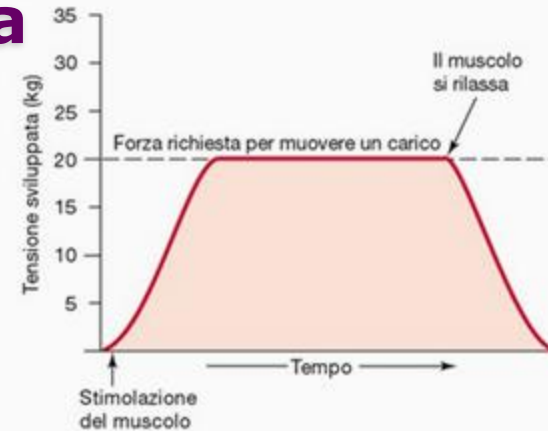
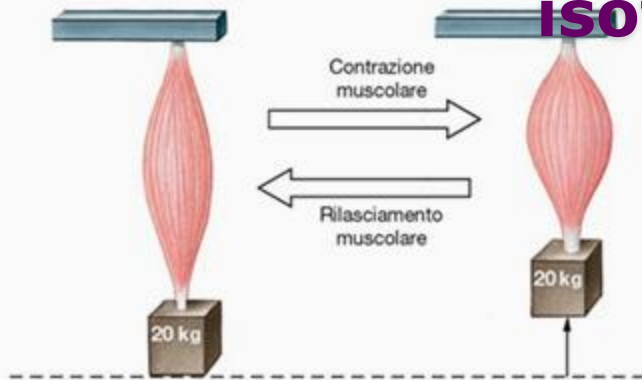
In contrazioni sub-massimali, il **reclutamento asincrono** previene la fatica



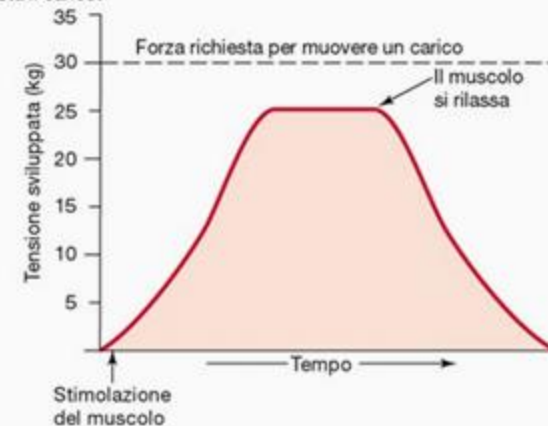
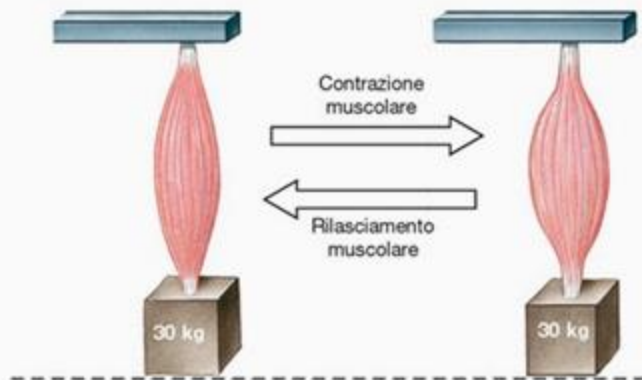
Meccanica del movimento corporeo:

Contrazione isometrica ed isotonica

(a) **Contrazione isotonica:** il muscolo si contrae, si accorcia e genera una forza sufficiente a spostare il carico.



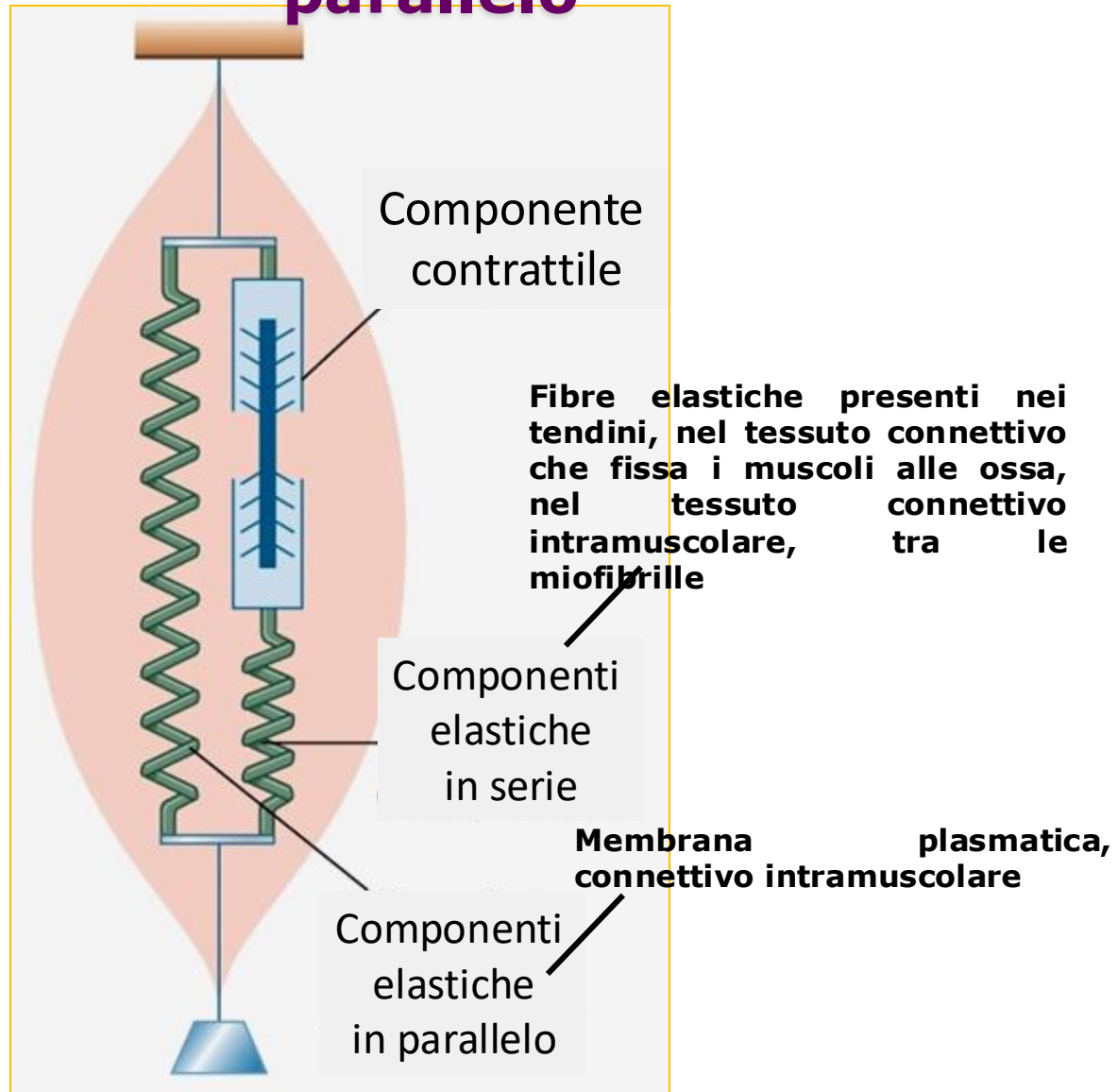
(b) **Contrazione isometrica:** il muscolo si contrae ma non si accorcia. La forza generata non sposta il carico.



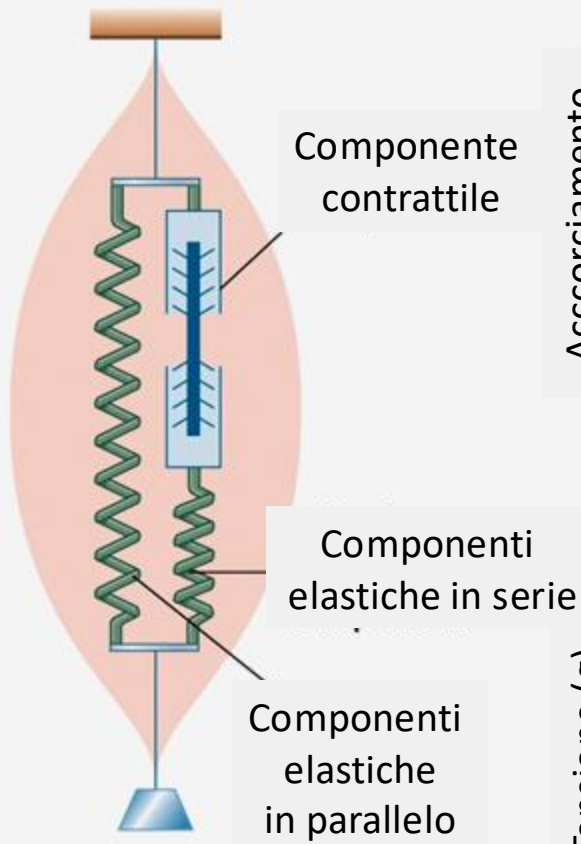
Le contrazioni **isotoniche** spostano un carico

Le contrazioni **isometriche** generano forza senza movimento

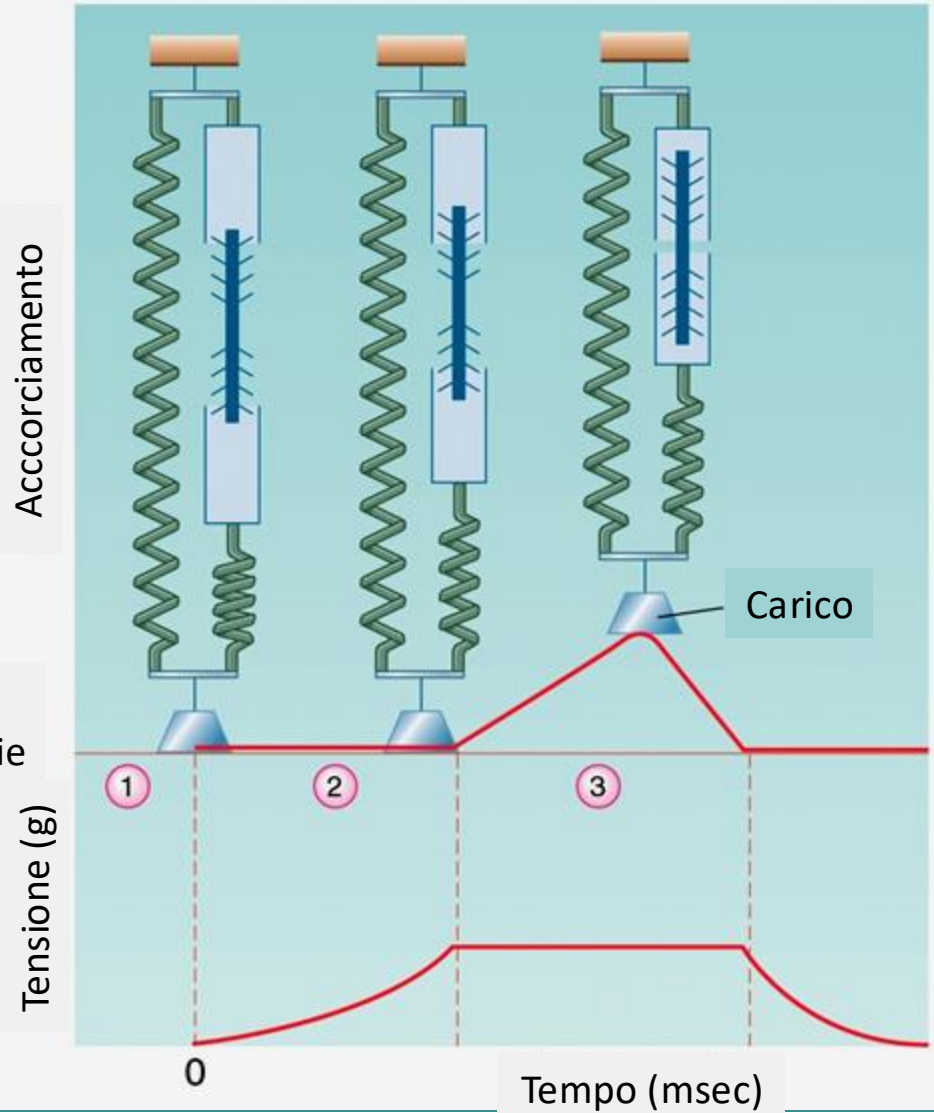
Componenti elastiche in serie e in parallelo



(a)

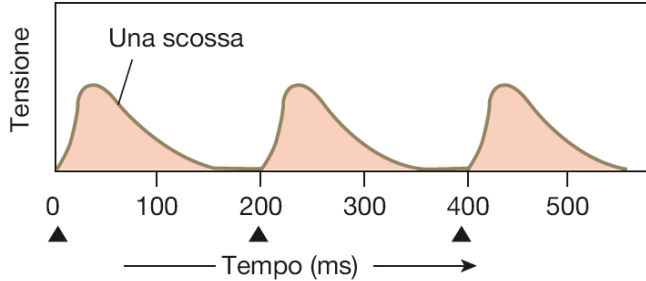


(b)

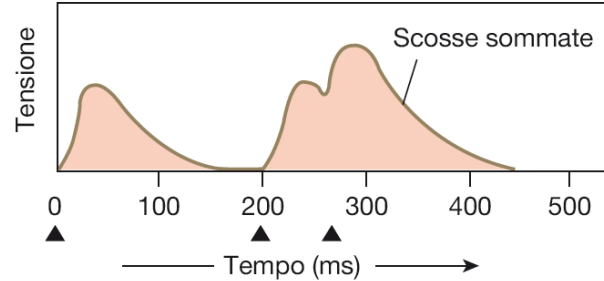


Sommazione delle contrazioni muscolari

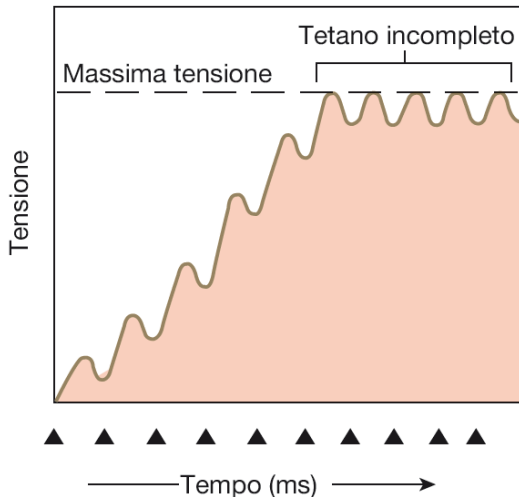
(a) **Scosse semplici isolate.** Il muscolo si rilascia completamente tra uno stimolo e l'altro (▲).



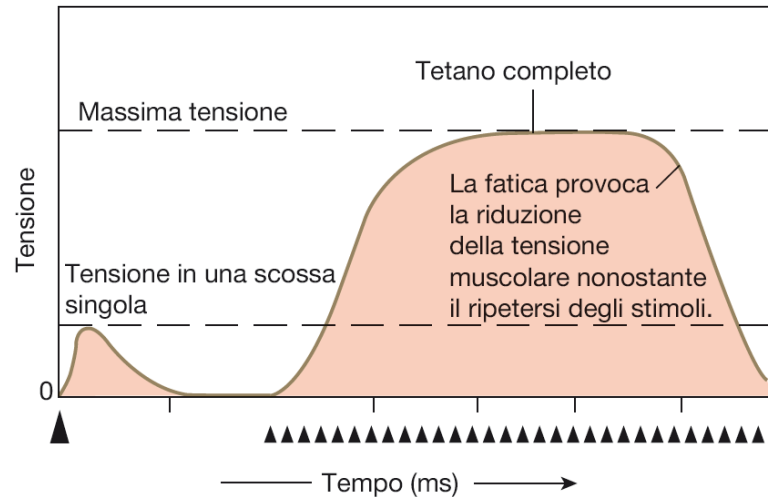
(b) **Sommazione.** Stimoli ravvicinati non permettono il completo rilasciamento del muscolo.



(c) **Sommazione parziale o tetano incompleto.** Gli stimoli sono abbastanza vicini da permettere al muscolo soltanto un parziale rilasciamento.



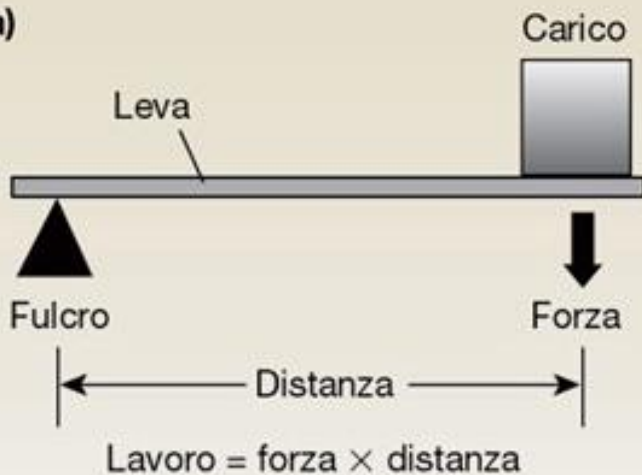
(d) **La sommazione completa o contrazione tetanica.** Il muscolo raggiunge la massima tensione e la mantiene costante.



Tetano

Le ossa e le articolazioni: un sistema di leve e fulcri

(a)



Il lavoro necessario per muovere un carico sulla leva è pari alla forza generata dal carico (F) moltiplicata per la distanza del carico dal fulcro (D).



L'avambraccio umano agisce come una leva. Il fulcro è prossimo al gomito.

**Lavoro = forza x
distanza**

Contrazione isometrica

(b)

L'inserzione del bicipite sulla leva è posta a 5 cm dal fulcro. Il lavoro compiuto dal bicipite dipende dalla forza generata dalla contrazione muscolare:

$$\text{Lavoro}_{\text{SU}} = \text{forza del bicipite} \times 5 \text{ cm}$$



Il peso dell'avambraccio esercita una forza verso il basso di 2 kg in corrispondenza del suo centro di gravità, che è posto a 15 cm dal fulcro.

$$\text{Lavoro}_{\text{giù}} = 2 \text{ Kg} \times 15 \text{ cm}$$

Per mantenere l'avambraccio fisso a 90° il lavoro generato dal bicipite (che esercita una forza verso l'alto) deve essere pari al lavoro generato dal peso dell'avambraccio (una forza verso il basso).

$$\text{Lavoro}_{\text{SU}} = \text{Lavoro}_{\text{giù}}$$

$$\text{Forza del bicipite} \times 5 \text{ cm} = 2 \text{ kg} \times 15 \text{ cm}$$

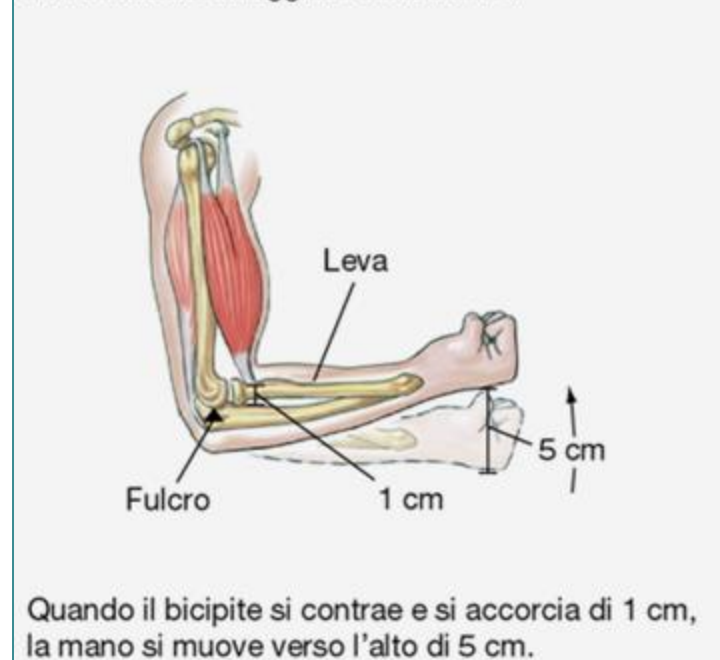
$$\text{Forza del bicipite} = \frac{30 \text{ kg}\cdot\text{cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$\text{Forza del bicipite} = 6 \text{ kg}$$

Per sollevare il carico il bicipite deve esercitare una forza che supera la forza generata dal carico



Poiché l'inserzione del bicipite è prossima al fulcro, un piccolo movimento del bicipite determina un movimento maggiore della mano.



FORZA NECESSARIA PER SOSTENERE IL PESO A 90°

Forza del bicipite x 5 cm = 7 Kg x 25 cm

Forza del bicipite = 7 Kg x 25 cm / 5 cm

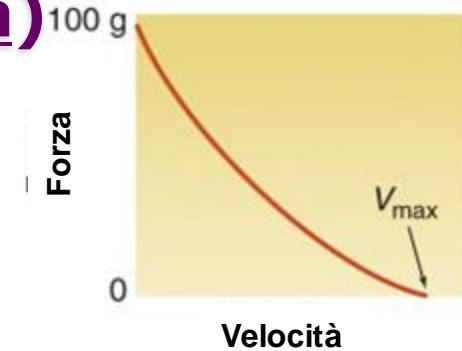
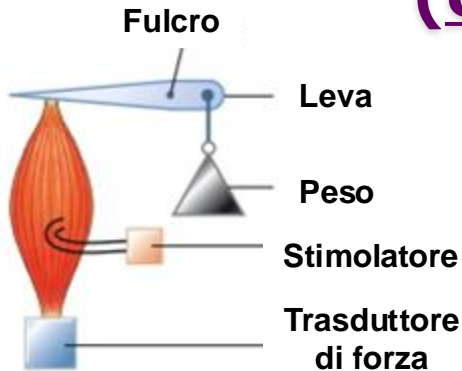
Forza del bicipite = 35 Kg

✓ I due movimenti (quello dell'osso nel punto d'inserzione del muscolo e quello della mano) sono contemporanei: velocità di contrazione è amplificata

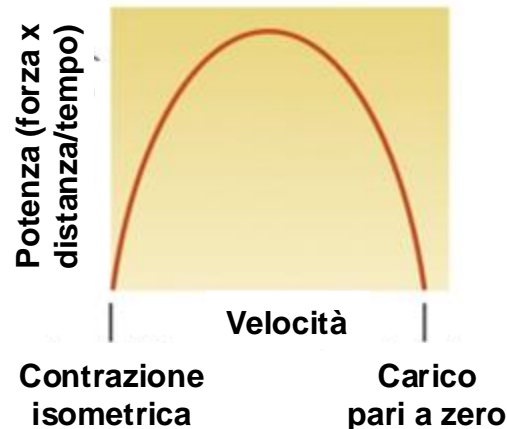
✓ Richiesta più forza

La forza con la quale un muscolo lavora e la velocità alla quale si accorcia sono reciprocamente correlate

(curva forza-velocità)



Quando il carico aumenta la velocità di accorciamento diminuisce



$$\text{Potenza} = \frac{\text{lavoro}}{\text{tempo}} = \frac{(\text{forza}) (\Delta L)}{\text{tempo}} = \text{forza} \times \text{velocità}$$