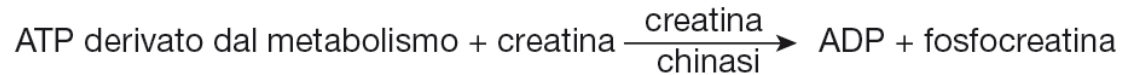


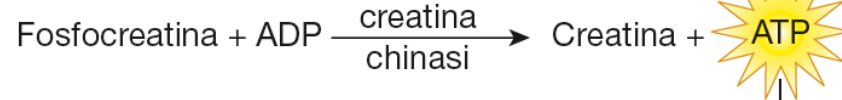
Fosfocreatina

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)

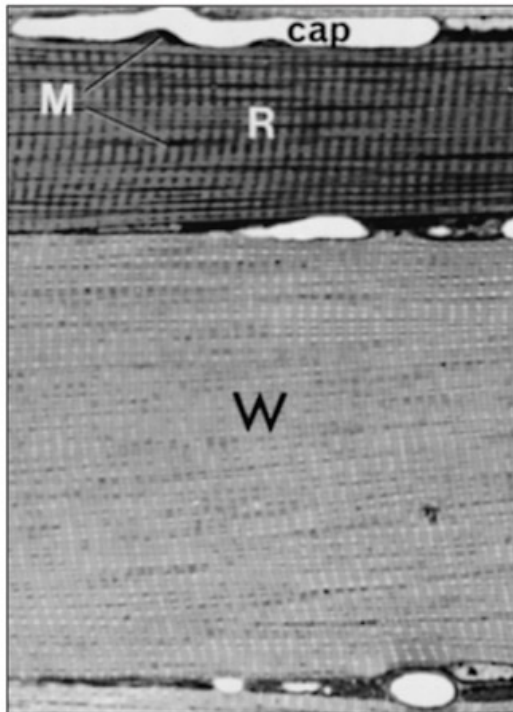
Fonte di energia primaria:



Classificazione dei tipi di fibra muscolare

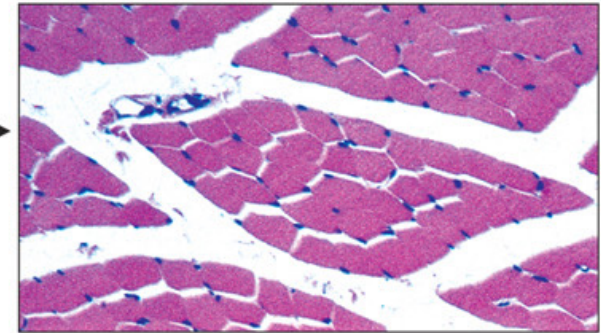
FIBRE TONICHE: specializzate per contrazioni lente e continue

FIBRE FASICHE lente e rapide: specializzate per movimenti, rispettivamente, lenti e rapidi



Fibre ossidative lente (tipo I)

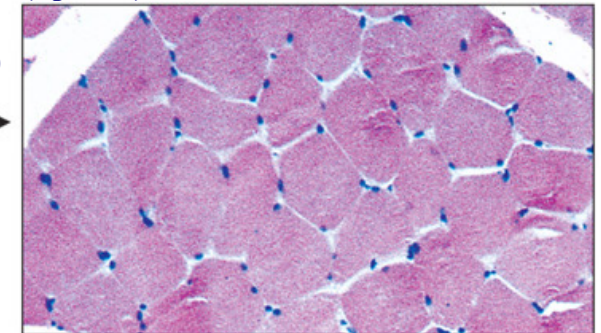
← **Fibre muscolari ossidative a contrazione lenta (rosse)** →
Notate il diametro minore e il colore più scuro dovuto alla mioglobina. Mostrano resistenza alla fatica. Scosse lente (fino a 75 ms)



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 sanguigni (determina velocità di produzione aerobica di ATP)

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

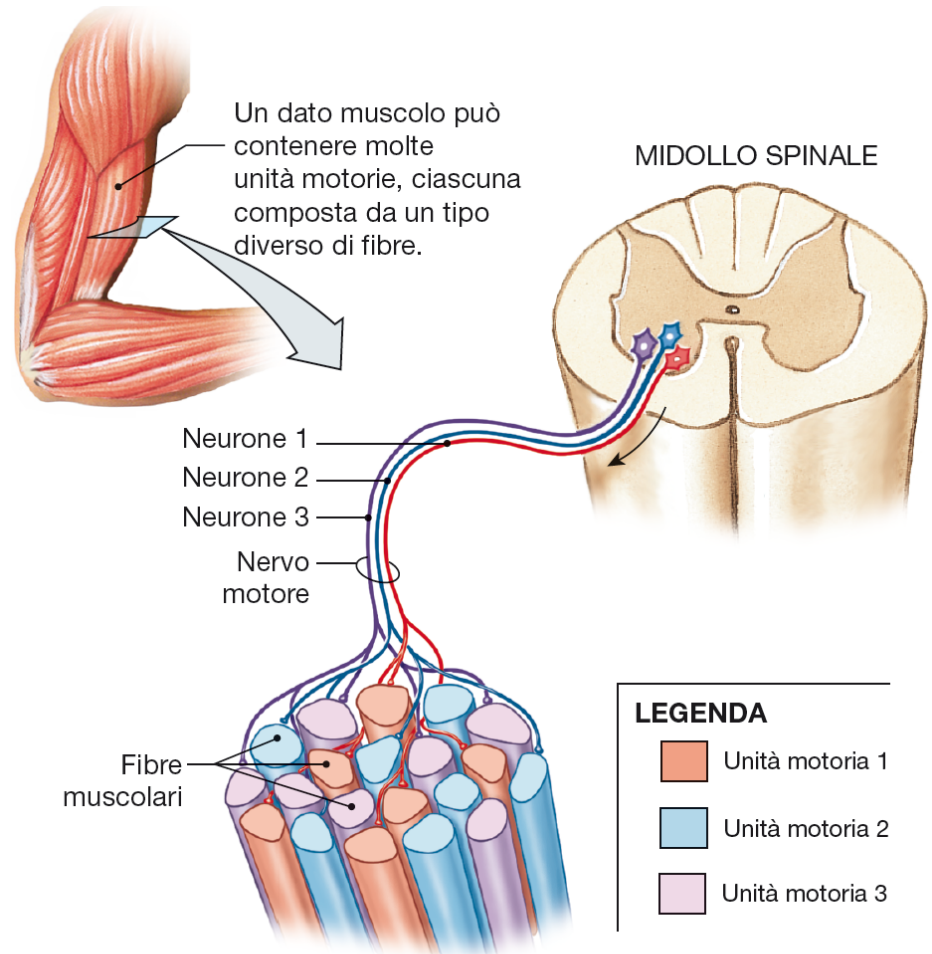
Centinaia-migliaia fibre: muscoli deputati a movimenti grossolani

Le contrazioni muscolari graduate sono determinate da:

1) attivazione di tipi diversi di unità motorie;

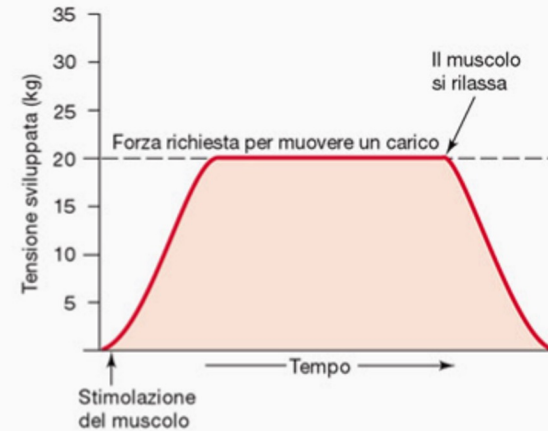
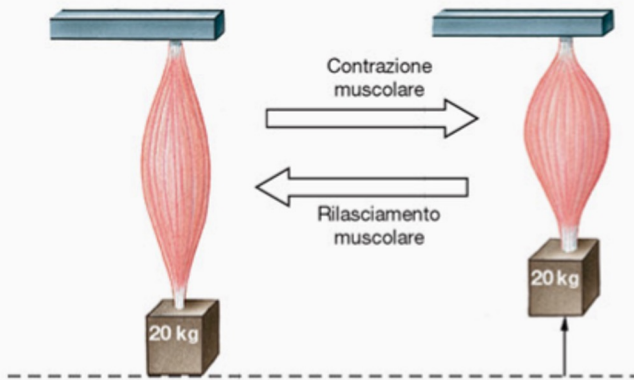
2) aumento del numero di unità motorie che rispondono in un certo momento (**reclutamento**)

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

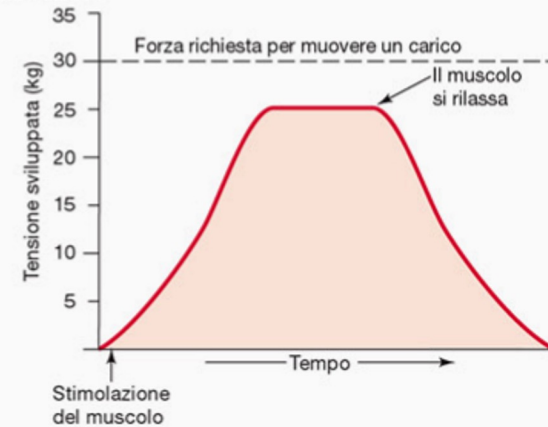
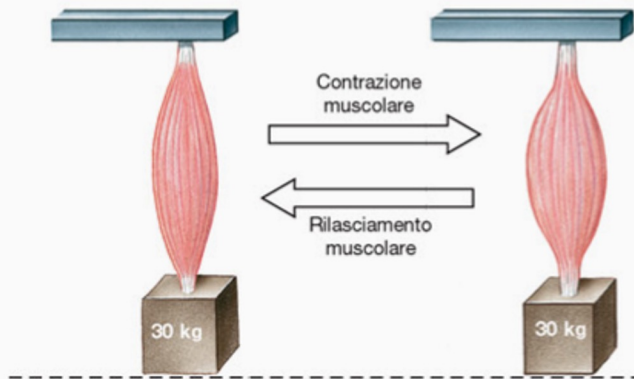


Meccanica del movimento corporeo: Contrazione isometrica ed isotonica

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



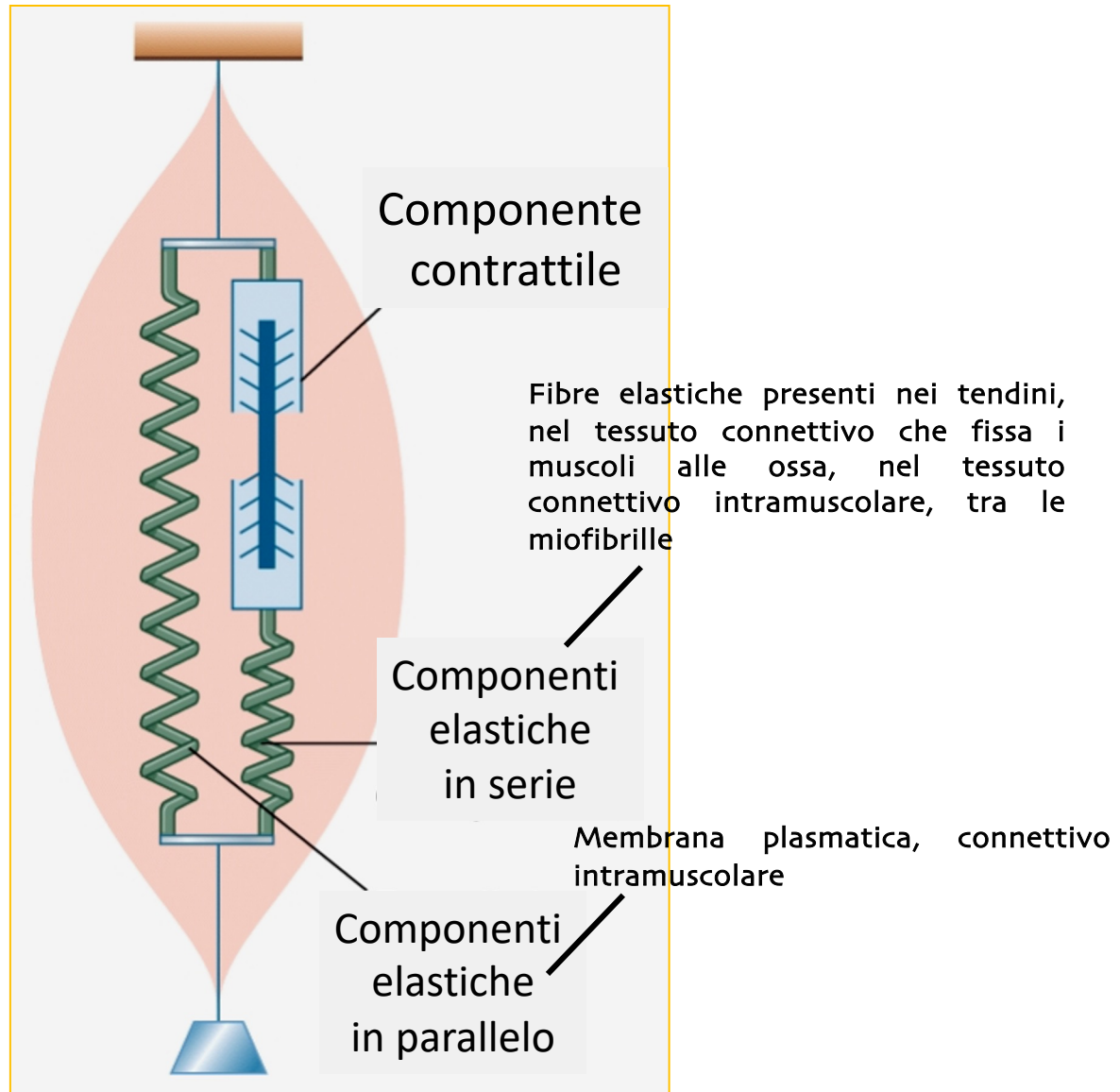
(b) **Contrazione isometrica:** il muscolo si contrae ma non si accorcia. La forza generata non sposta il carico.



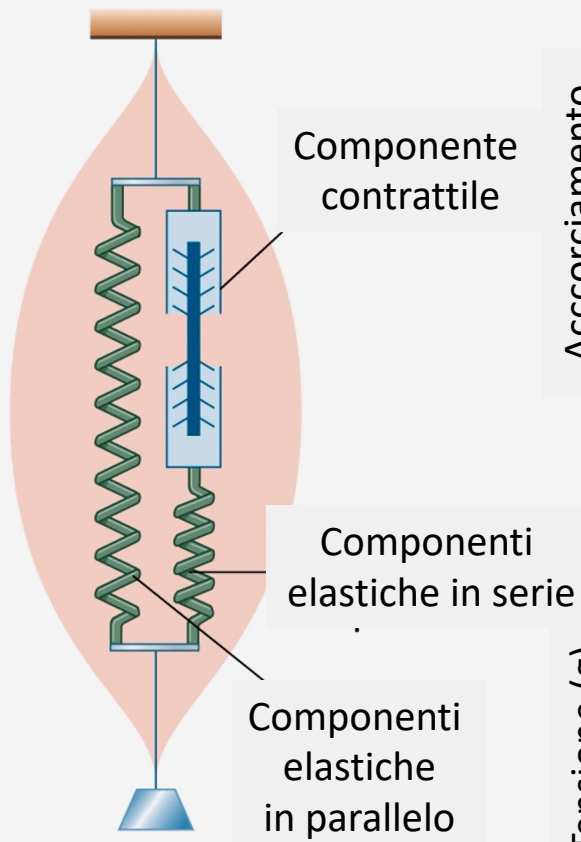
Le contrazioni **isotoniche** spostano un carico

Le contrazioni **isometriche** generano forza senza movimento

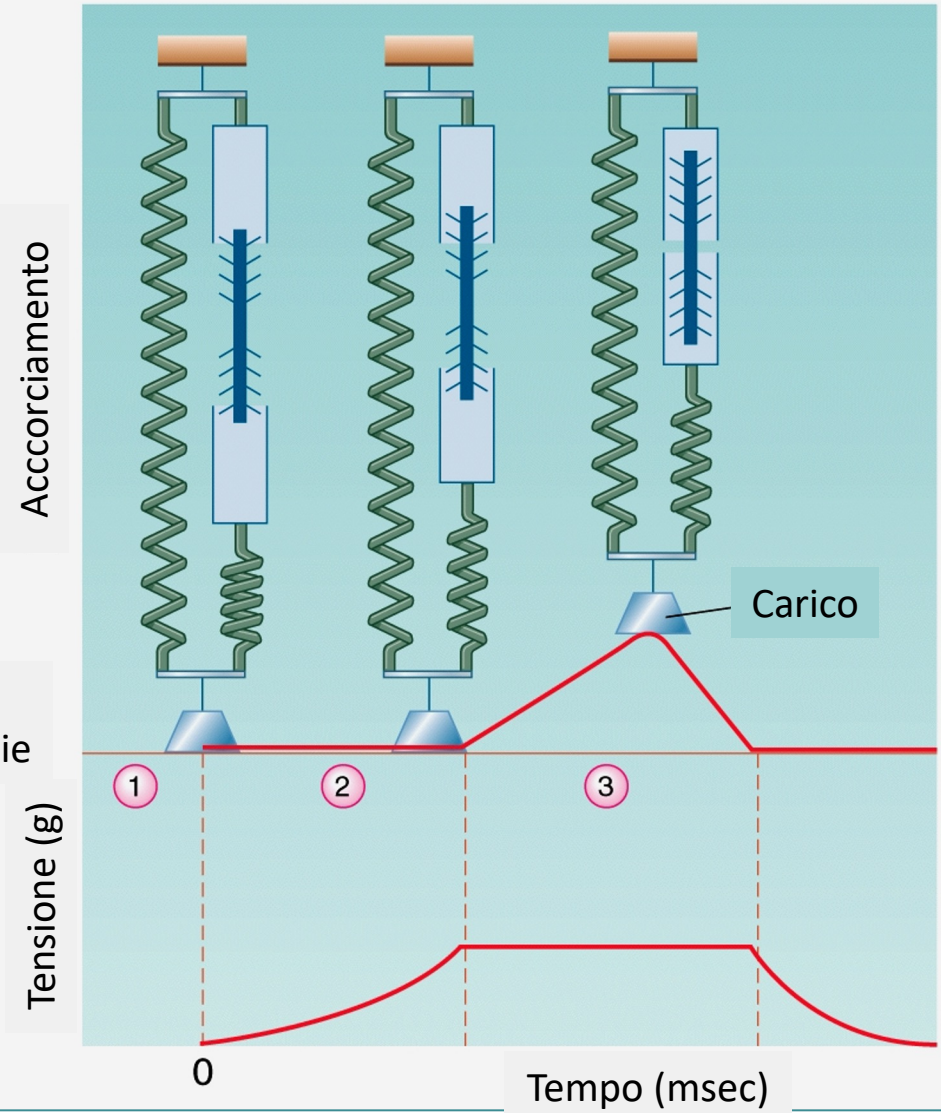
Componenti elastiche in serie e in parallelo



(a)

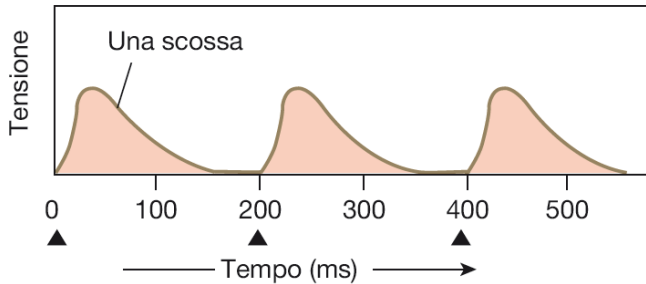


(b)

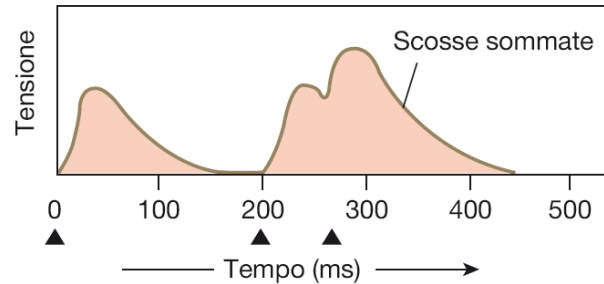


Sommazione delle contrazioni muscolari

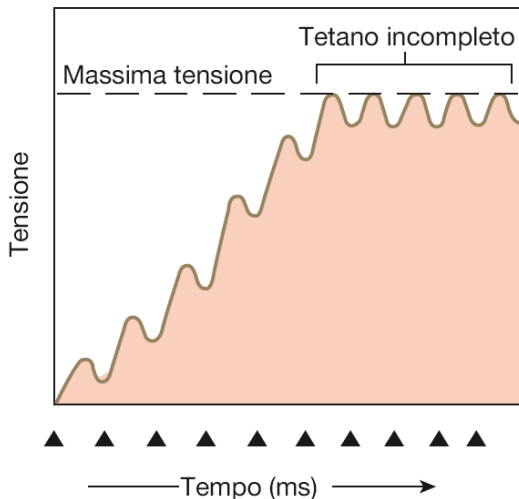
(a) **Scosse semplici isolate.** Il muscolo si rilascia completamente tra uno stimolo e l'altro (▲).



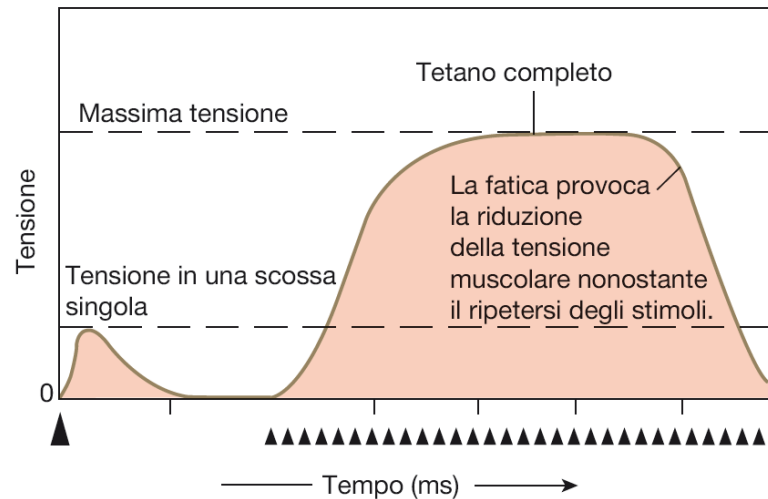
(b) **Sommazione.** Stimoli ravvicinati non permettono il completo rilasciamento del muscolo.



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

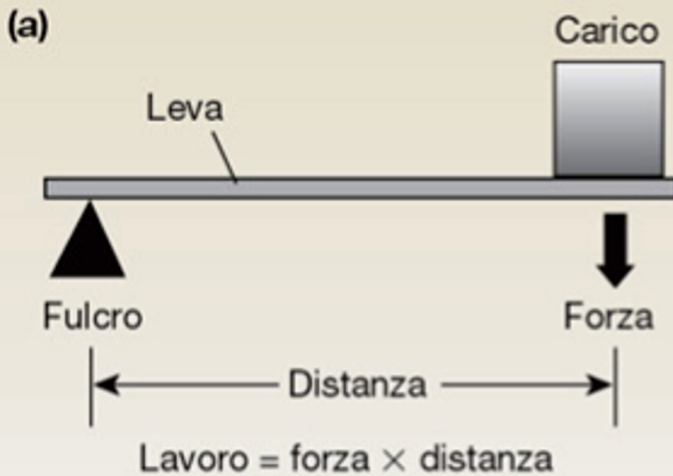


(d) **La sommazione completa o contrazione tetanica.** Il muscolo raggiunge la massima tensione e la mantiene costante.



Tetano

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



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 \times 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).

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

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

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

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

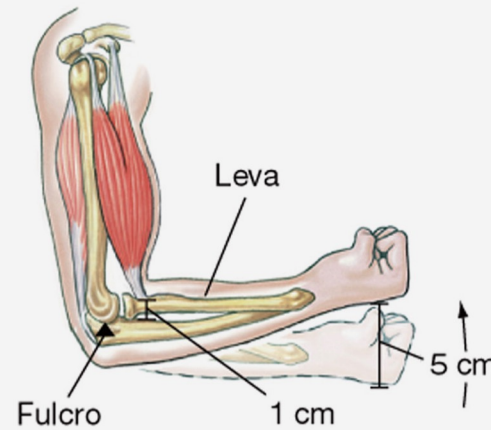
Per sollevare il carico il bicipite deve esercitare una forza che supera la forza generata dal carico



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

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

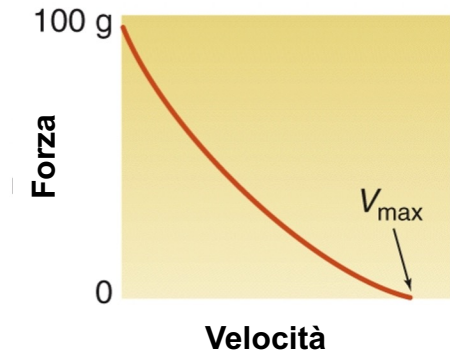
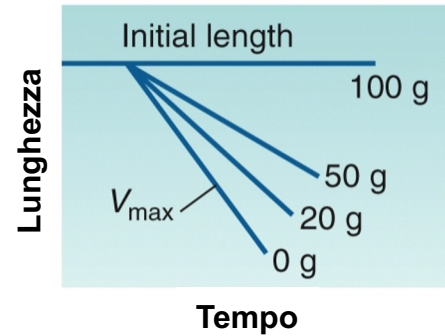
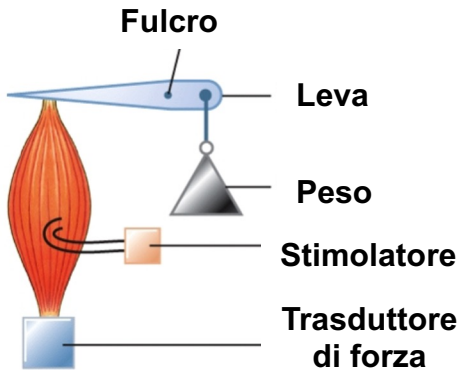


Quando il bicipite si contrae e si accorcia di 1 cm, la mano si muove verso l'alto di 5 cm.

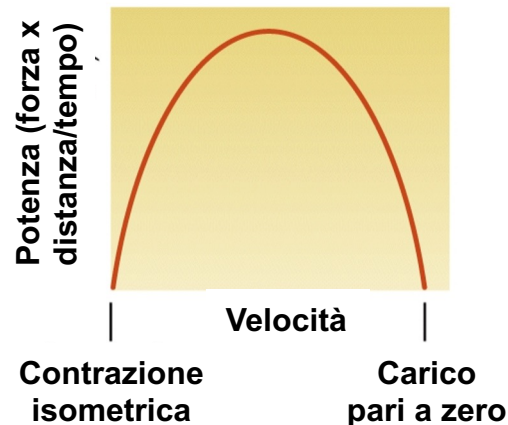
✓ I due movimenti (quello dell'osso nel punto d'inserzione del muscolo e quello della mano) sono contemporanei: velocità di contrazione è amplificata

✓ Richiesta più forza

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

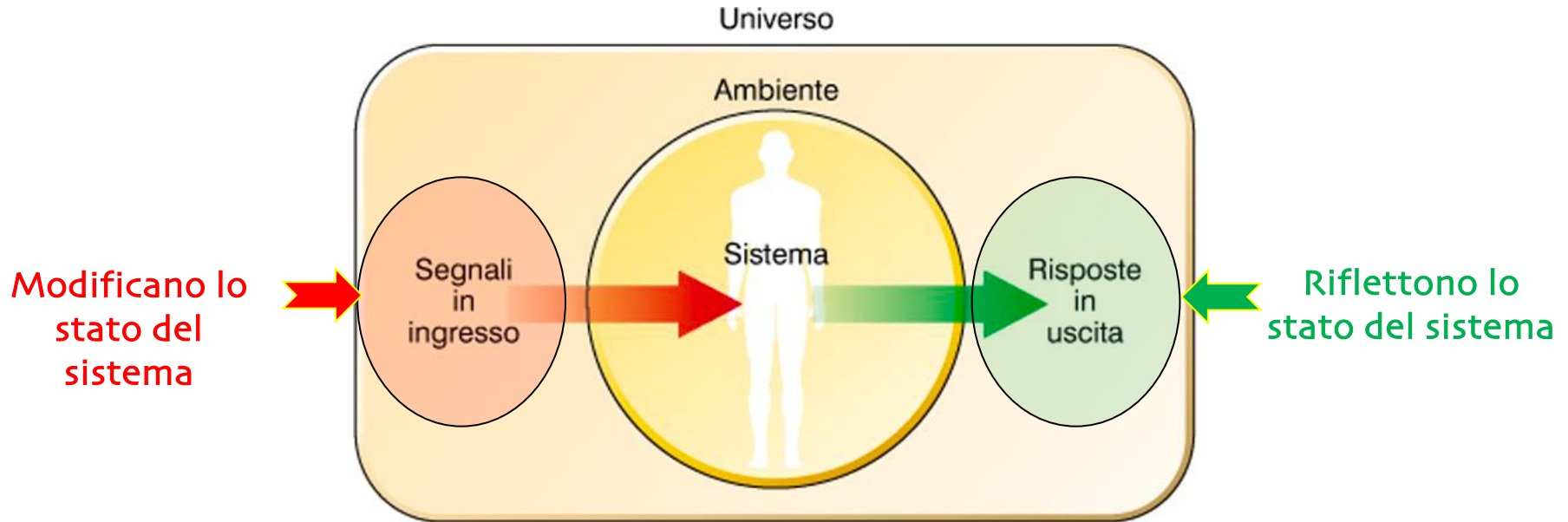


Quando il carico aumenta la velocità di accorciamento diminuisce



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

Regolazione nervosa delle risposte fisiologiche

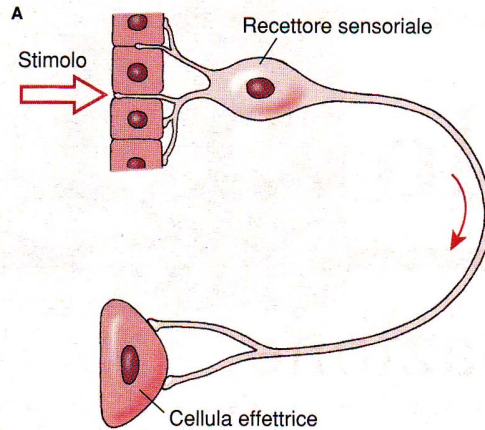


Il sistema nervoso regola le risposte fisiologiche agli eventi perturbanti

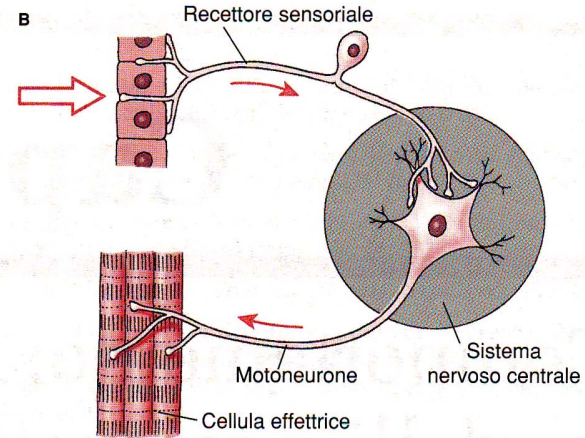
- **Risposte somatiche** agli stimoli esterni: Integrazione sensori-motoria (sistema nervoso somatico)
- **Risposte viscerali** agli stimoli interni: Integrazione viscerale (sistema nervoso autonomo)

L'Arco Riflesso

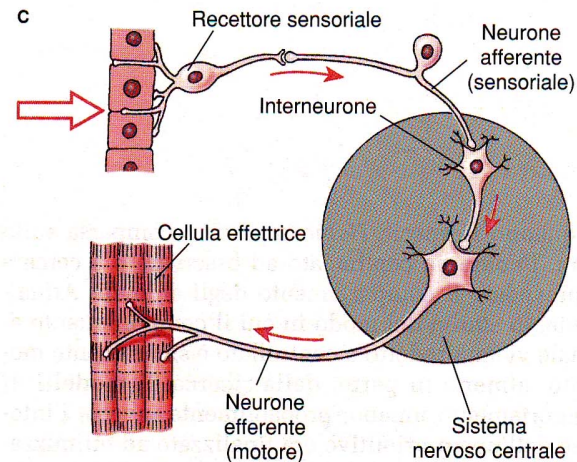
Arco riflesso primitivo



Arco riflesso monosinaptico



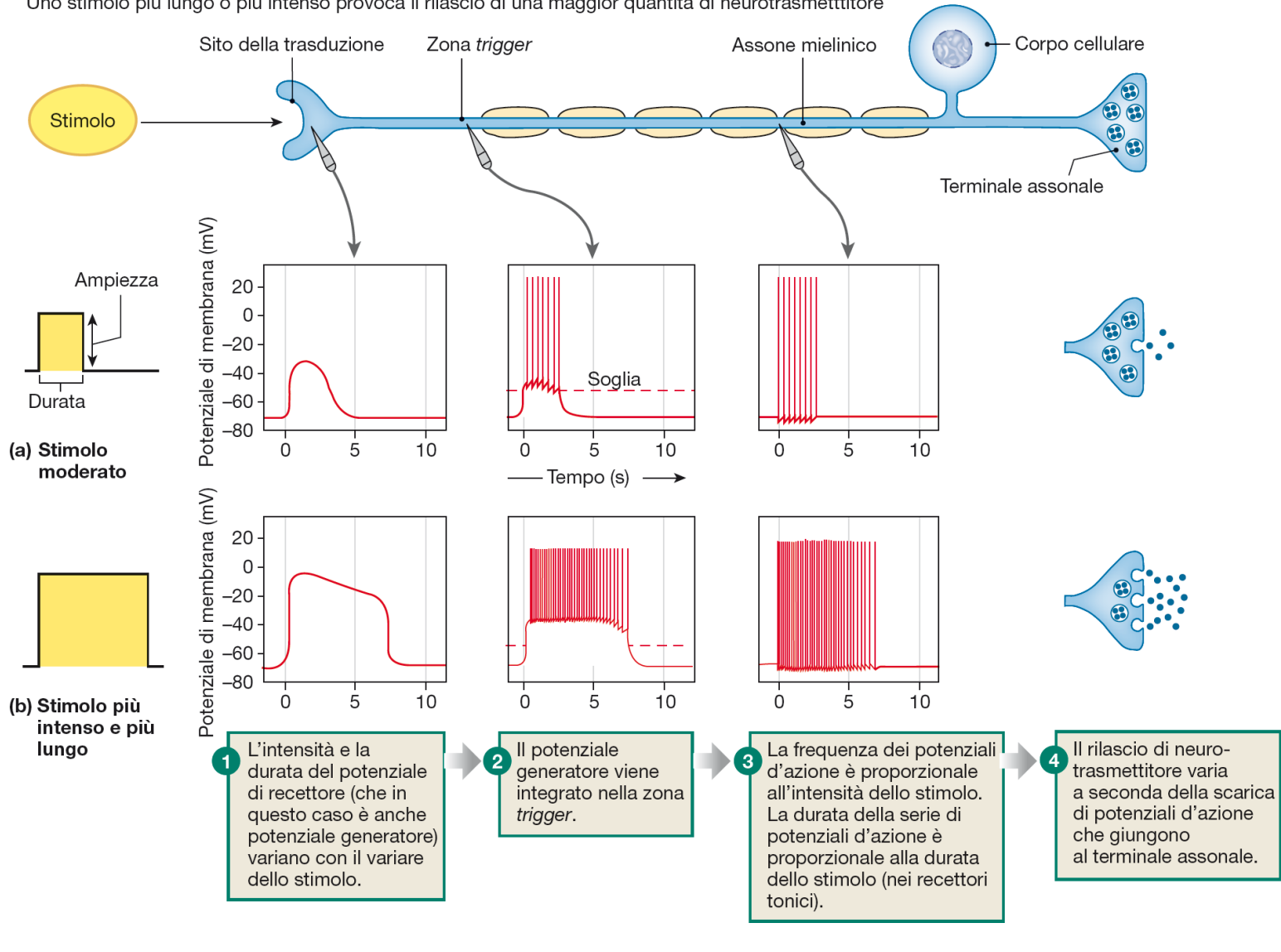
Arco riflesso polisinfaptico



L'Arco Riflesso è l'unità funzionale di base del sistema nervoso

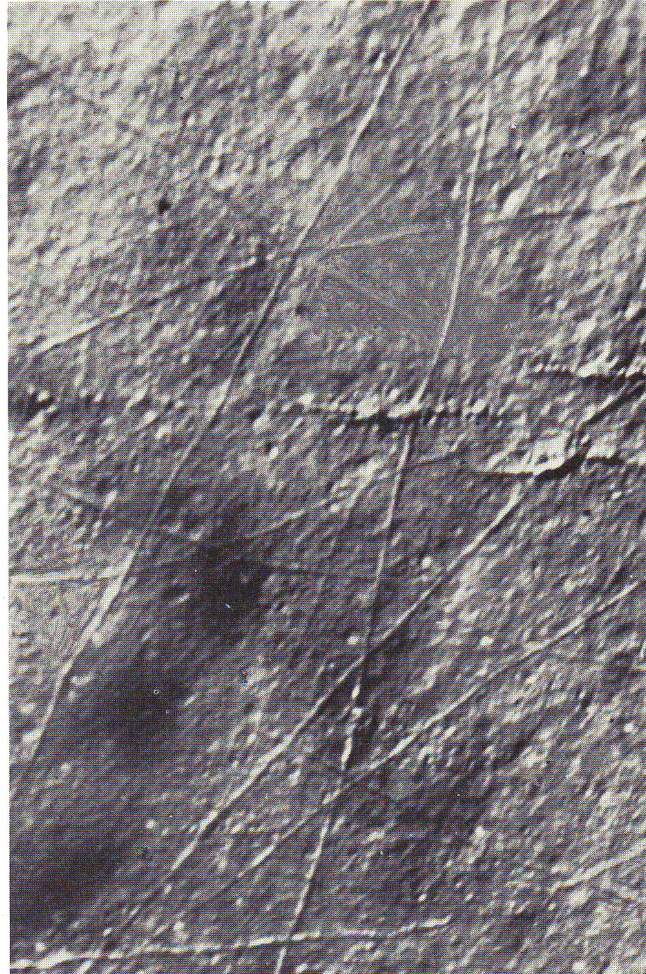
CODIFICARE L'INTENSITÀ E LA DURATA DELLO STIMOLO

Uno stimolo più lungo o più intenso provoca il rilascio di una maggior quantità di neurotrasmettitore



Reti nervose

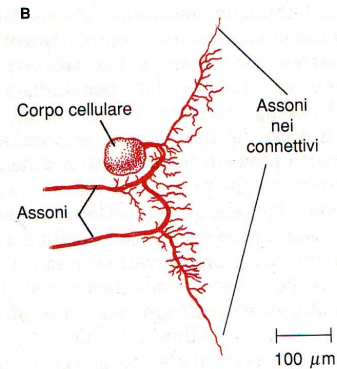
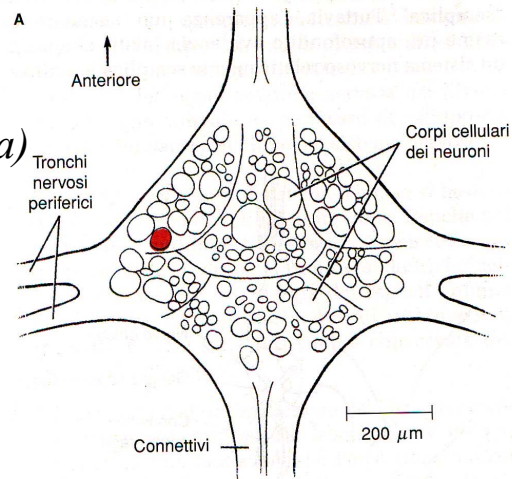
Il sistema nervoso ad organizzazione anatomica più semplice:
favorisce la conduzione unidirezionale degli impulsi nervosi



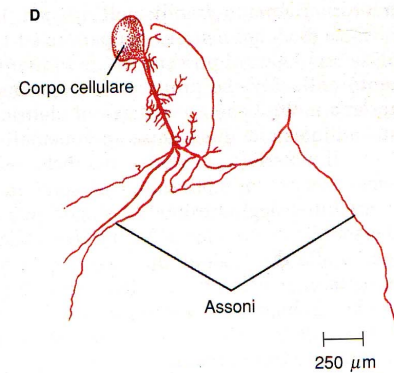
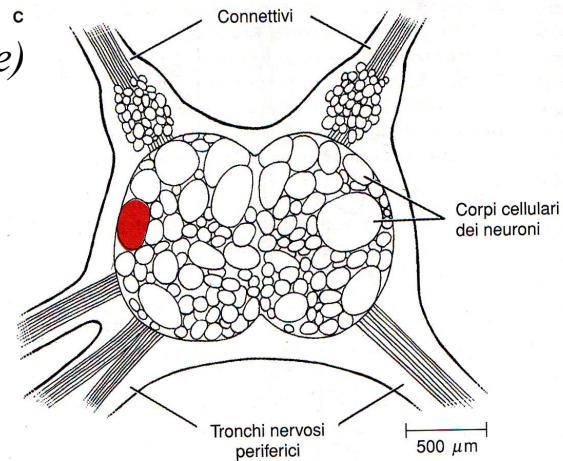
Celenterato: *Aurelia aurita*

Un progresso notevole nell'evoluzione del sistema nervoso è stata l'organizzazione dei corpi cellulari neuronali in gangli

Hirudo medicinalis
Anellide (sanguisuga)

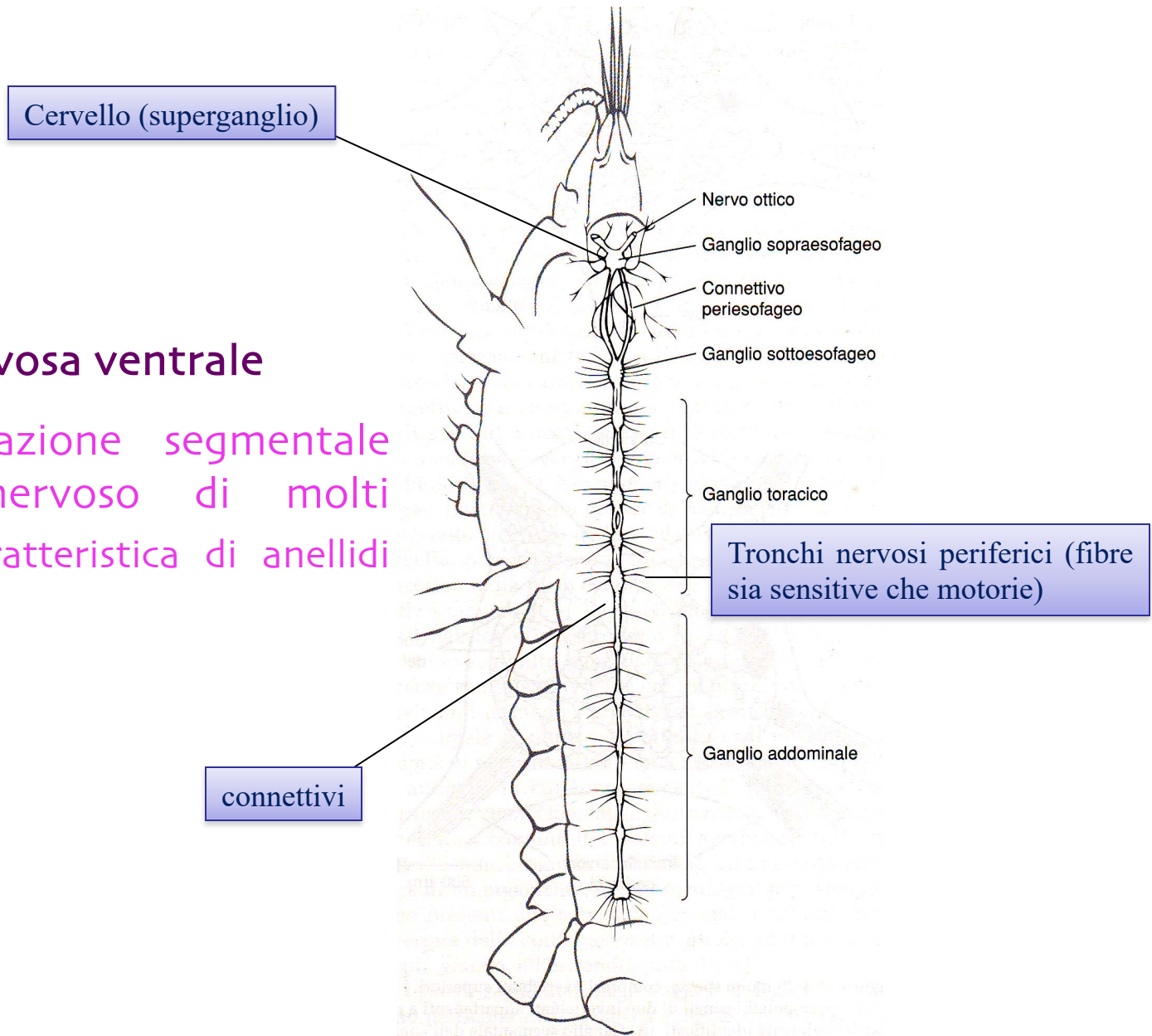


Aplysia californica
Mollusco (lumaca di mare)



Corda nervosa ventrale

Tipica organizzazione segmentale del sistema nervoso di molti invertebrati (caratteristica di anellidi ed artropodi)



Principi dell'evoluzione del sistema nervoso

- ✓ In tutti gli organismi il SN si basa su un unico tipo di cellula: il neurone
- ✓ L'evoluzione del SN si è realizzata attraverso l'elaborazione di un modulo funzionale fondamentale: l'arco riflesso
- ✓ L'evoluzione del SN è stata caratterizzata dalla tendenza a compattare i neuroni
- ✓ Gli organismi complessi possiedono un numero di neuroni maggiore di quello degli organismi più semplici
- ✓ Nel corso dell'evoluzione, il SN diventa sempre più complesso, con nuove strutture che si sovrappongono a quelle più arcaiche
- ✓ Le dimensioni delle singole aree del cervello sono in genere proporzionali alla rilevanza fisiologica delle entrate sensoriali elaborate o delle uscite motorie