

# Le patologie muscolari e tendinee in riabilitazione: integratori nutrizionali

*S. Respizzi*

Dipartimento di Riabilitazione e Recupero Funzionale

# I MUSCOLI

I muscoli sono i  
*motori* che  
trasformano  
l'energia chimica  
in energia  
meccanica  
agendo sulla  
*macchina*  
sistema di leve  
ossee

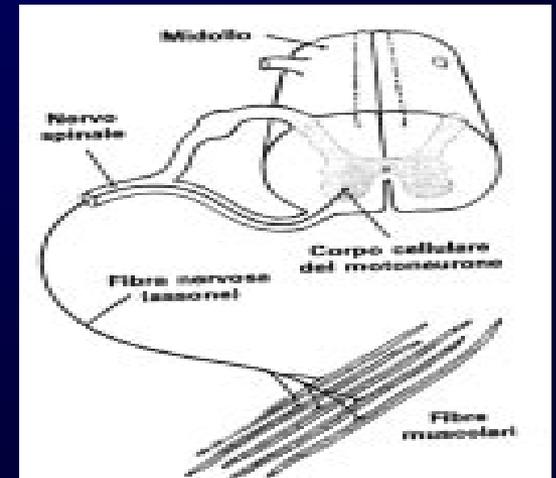


# ECCITABILITÀ

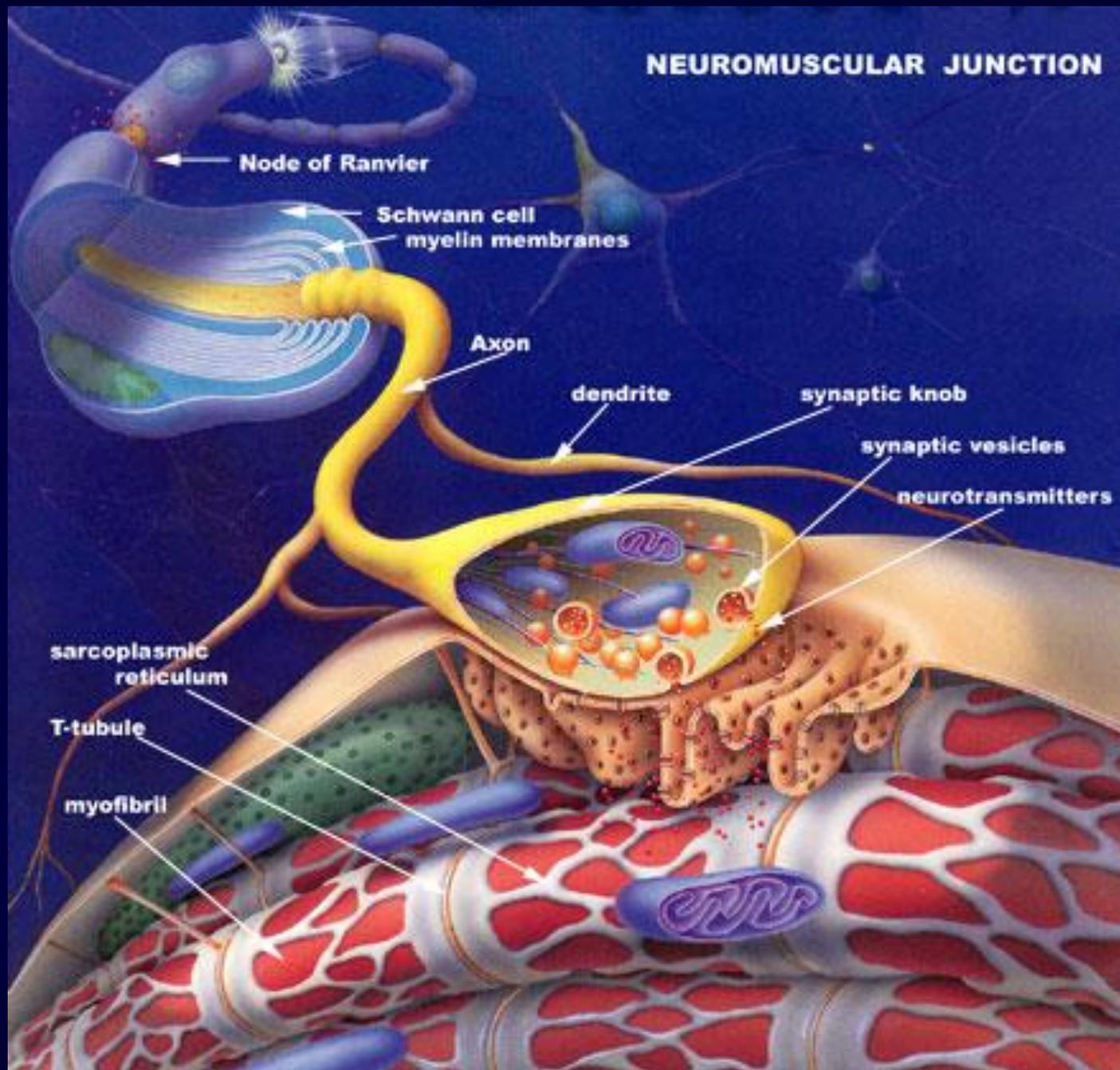
- Il muscolo è dotato della capacità di contrarsi rispondendo ad uno stimolo, sufficiente per intensità e durata.
- Lo stimolo è prodotto dal SN tramite la fibra nervosa ed arriva alla fibra muscolare attraverso il **passaggio neuro-muscolare**
- L'eccitazione si manifesta come la produzione e la conduzione di potenziali d'azione sul sarcolemma

# UNITÀ MOTORIA

- E'costituita dal neurone e dalle fibre muscolari da esso innervate
- Il corpo cellulare del motoneurone si trova nella sostanza grigia delle corna anteriori del midollo spinale
- Ogni motoneurone innerva più fibre muscolari sparse in numerosi fascicoli muscolari
- La soglia di eccitabilità differisce da fibra a fibra nella



# NEUROMUSCULAR JUNCTION



# UNITÀ MOTORIA

- Le unità motorie possono essere:  
lente o veloci o intermedie
- Le UM **lente** sono innervate da motoneuroni tonici e sono dotate di fibre muscolari rosse (tipo I), più lente, più resistenti, a soglia più bassa
- Le UM **rapide** sono innervate da motoneuroni fasici e sono dotate di fibre muscolari bianche (tipo II b), rapide, affaticabili, a soglia più elevata
- Le UM **intermedie** dotate di fibre II a con capacità intermedie che riescono ad adattarsi agli stimoli allenanti

# LA CONTRAZIONE MUSCOLARE

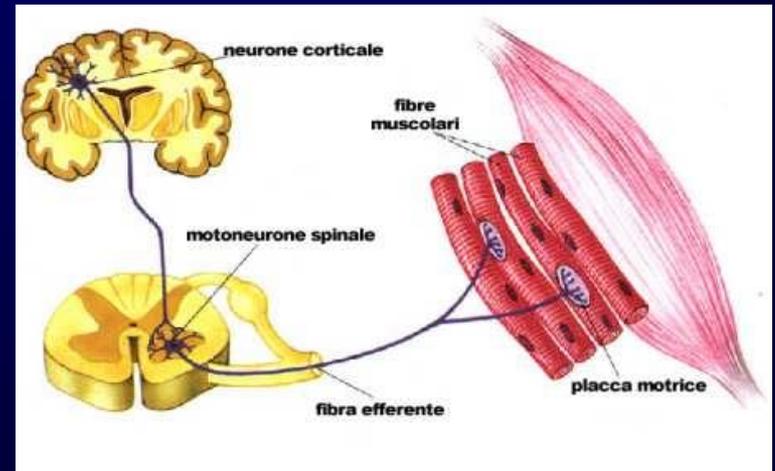
- **Eccitazione**
- **Attivazione**
- **Contrazione**
- **Rilasciamento**



# LA CONTRAZIONE MUSCOLARE

## Eccitazione

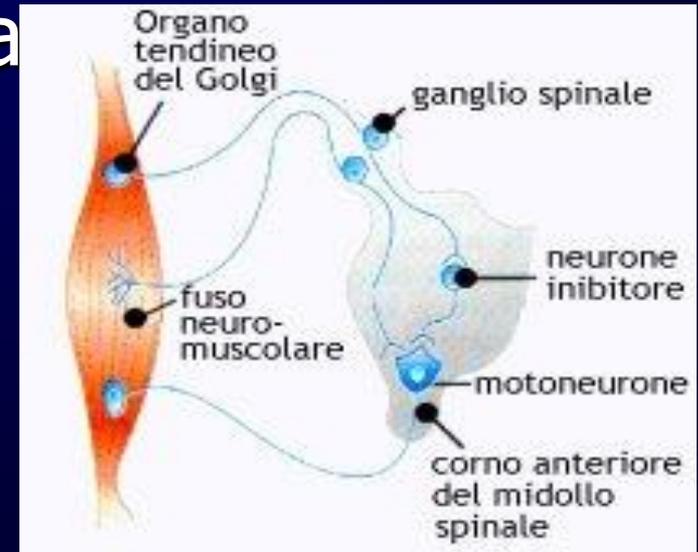
- Arriva l'impulso nervoso
- Si libera il mediatore neuro-muscolare
- Viene stimolato il sarcolemma
- Si forma il potenziale d'azione
- Che si diffonde liberando calcio



# LA CONTRAZIONE MUSCOLARE

## Attivazione

- I calcioioni neutralizzano troponina e tropomiosina
- Si forma l'actomiosina
- Viene attivata l'ATPasi
- Che provoca scissione di ATP e produzione di energia





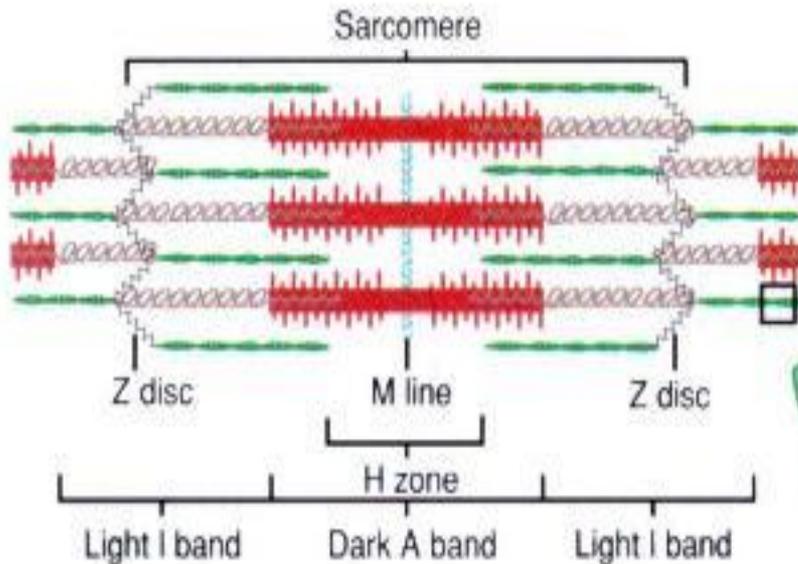
# LA CONTRAZIONE MUSCOLARE

## Contrazione

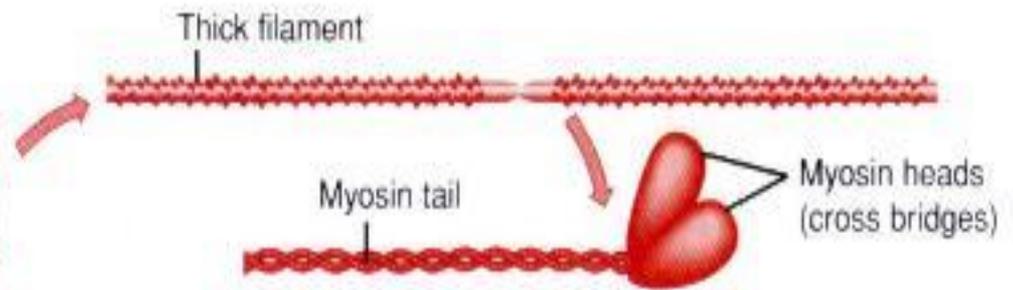
- L'actina scivola nella banda A
- Si accorcia la struttura contrattile, il sarcomero
- Viene stirata la componente elastica
- Si sviluppa tensione

La contrazione si mantiene finchè perdura la stimolazione

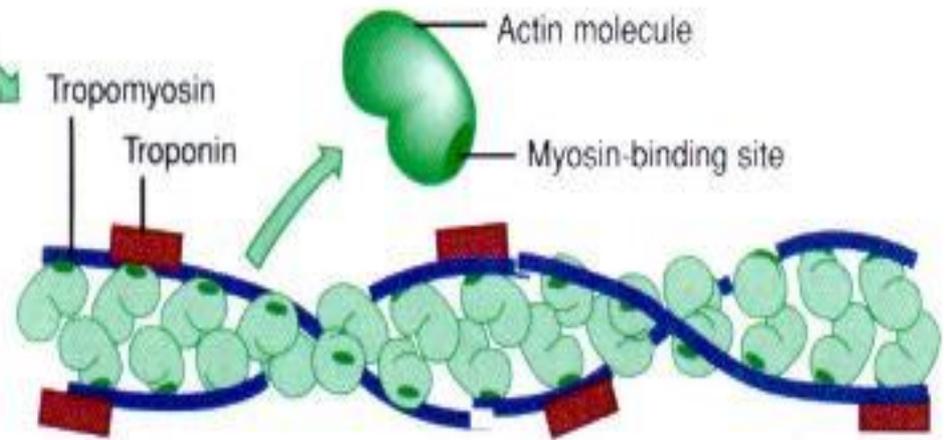
# LA CONTRAZIONE MUSCOLARE



(a) Sarcomere



(b) Thick filament and myosin molecule



(c) Portion of a thin filament and actin molecule

# LA CONTRAZIONE MUSCOLARE

## Rilasciamento 1

- Cessa l'impulso nervoso
- Cessa l'arrivo del potenziale d'azione
- I calcioioni ritornano nelle cisterne
- Si ripristina l'azione inibente di troponina e tropomiosina
- Cedono i ponti tra actina e miosina

# LA CONTRAZIONE MUSCOLARE

## Rilasciamento 2

- Cessa la scissione dell'ATP
- Cessa la liberazione di energia
- Cessa lo stato attivo
- La componente elastica riporta i filamenti nella posizione di riposo
- Il muscolo è rilasciato

# ELEMENTI ELASTICI IN PARALLELO

- Sono il sarcolemma, il connettivo presente tra le fibre, e le fasce muscolari
- Hanno funzione di contenitori e proteggono la materia contrattile da eccessivi allungamenti
- Non vengono posti in tensione dalla forza di contrazione interna, ma da una forza esterna che tende ad allungare eccessivamente il muscolo
- Esistono anche filamenti elastici formati dalle proteine titin e nebulin con funzione di stabilità al sarcomero

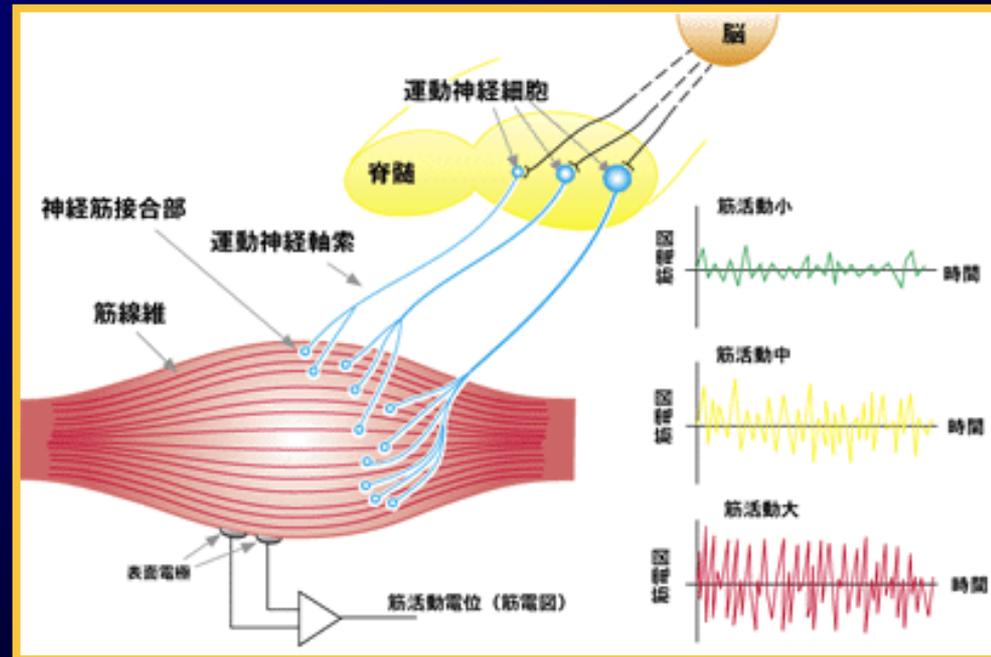
# LA FORZA MUSCOLARE

E' un tratto fisico fondamentale,  
necessario:

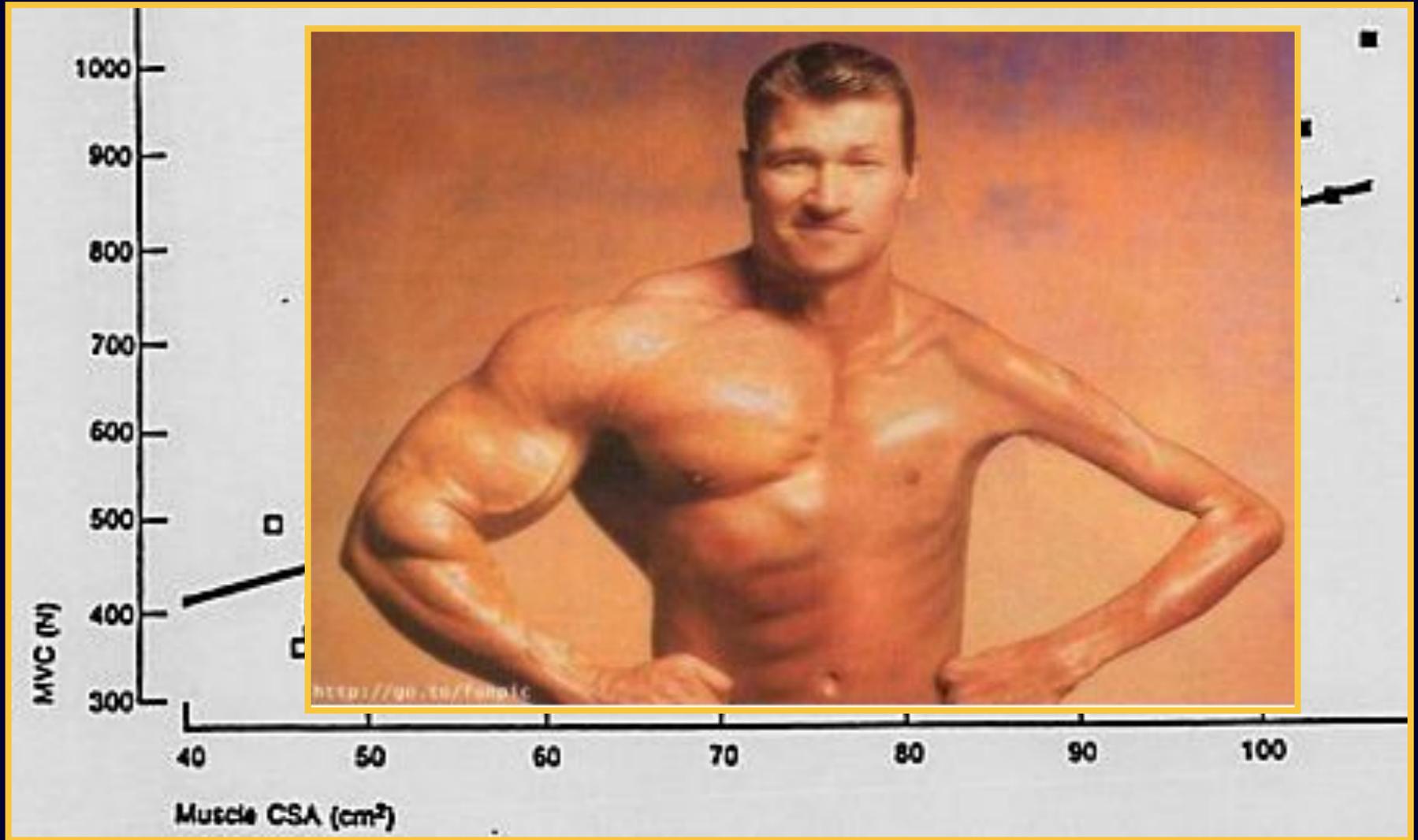
- per la salute
- per le abilità funzionali
- per migliorare la qualità della vita

# Fattori Anatomici e Biomeccanici

# Fattori Nervosi



# Relazione tra Forza e Superficie di sezione



Maughan RJ: Sports Med. 1984 Jul-Aug;1(4):263-9.

# FORZA: FATTORI ANATOMICI

- Superficie di sezione muscolare
- Densità delle fibre muscolari per cm<sup>2</sup>
- Efficienza meccanica delle leve
- Lunghezza iniziale del muscolo prima della contrazione
- Velocità del movimento
- Riscaldamento muscolare

# SEZIONE MUSCOLARE

- Un muscolo più voluminoso contiene più fibre o fibre di maggior spessore, quindi può esprimere più forza
- Il numero di fibre è pressochè uguale in tutti gli individui
- Lo spessore delle fibre aumenta con l'allenamento

# FUNZIONI MUSCOLARI: LAVORO STATICO

- Si manifesta quando il muscolo si contrae senza che i suoi estremi si avvicinino
- La materia contrattile si accorcia allungando tendini e altri elementi elastici
- Il muscolo compie un lavoro meccanico nullo o **isometrico**

# FUNZIONI MUSCOLARI: LAVORO CONCENTRICO

- I muscoli sono i *motori* che trasformano energia chimica in energia meccanica agendo sulla *macchina* sistema di leve ossee
- I muscoli esplicano la loro **funzione motrice** contraendosi attivamente e sviluppando un lavoro meccanico positivo o **concentrico**:  
$$W \text{ (lavoro)} = P \text{ (peso)} \times \Delta L \text{ (distanza)}$$
- Viene prodotta energia meccanica all'esterno del muscolo

# FUNZIONI MUSCOLARI: LAVORO ECCENTRICO

- I muscoli hanno anche una **funzione frenante**
- Questa funzione si esplica quando un muscolo contratto, anziché accorciarsi, viene stirato da una forza esterna
- L'energia meccanica entra nel muscolo anziché uscirne
- Il muscolo compie un lavoro meccanico negativo o **eccentrico**:  
 $W \text{ (lavoro)} = F \text{ (forza)} \times (-\Delta L) \text{ (allungamento)}$

**AZIONE  
STATICA**



**LAVORO  
NULLO**



**CONTRAZIONE  
ISOMETRICA**

**AZIONE X  
ACCELERARE**



**LAVORO  
POSITIVO**



**CONTRAZIONE  
CONCENTRICA**

**AZIONE X  
FRENARE**

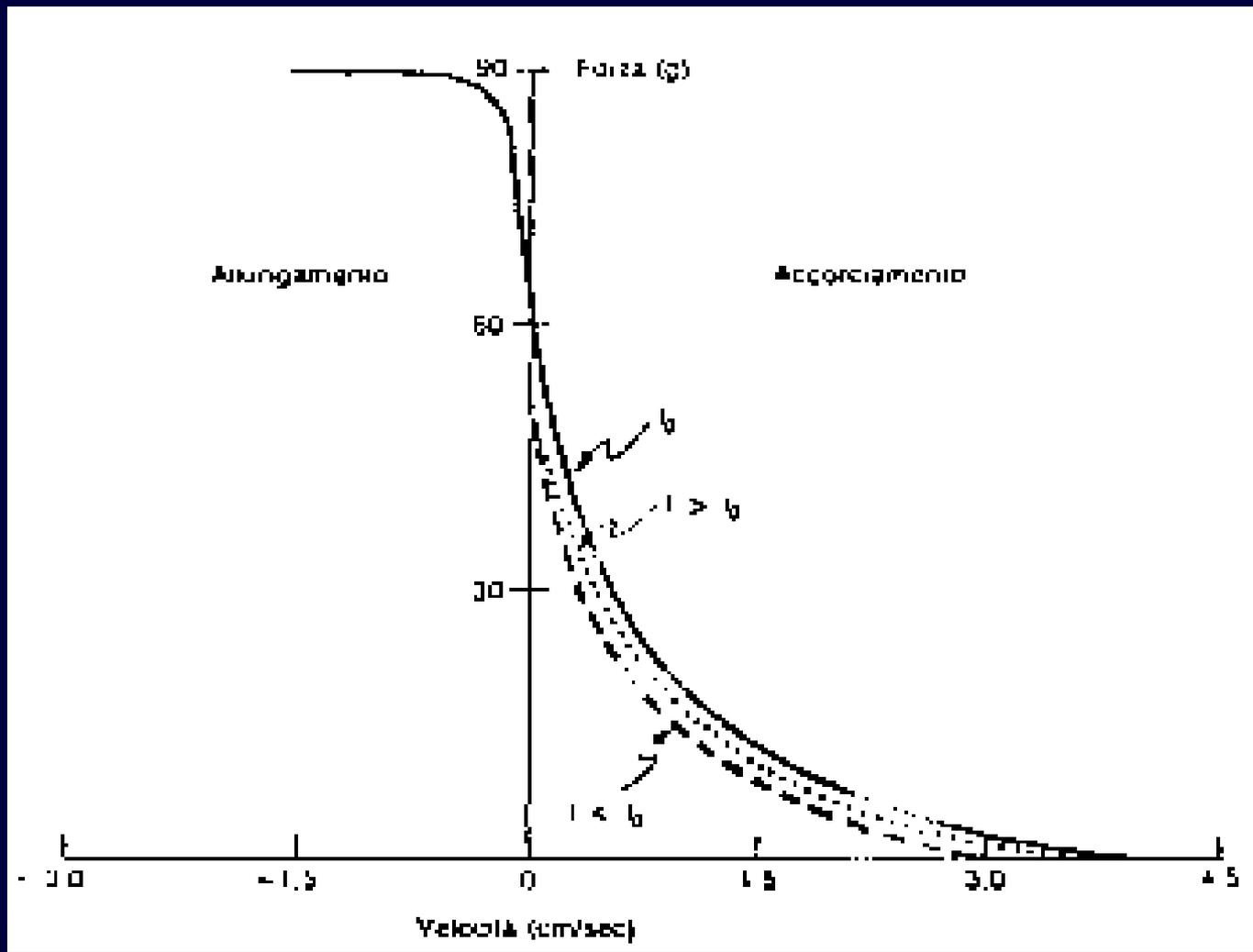


**LAVORO  
NEGATIVO**



**CONTRAZIONE  
ECCENTRICA**

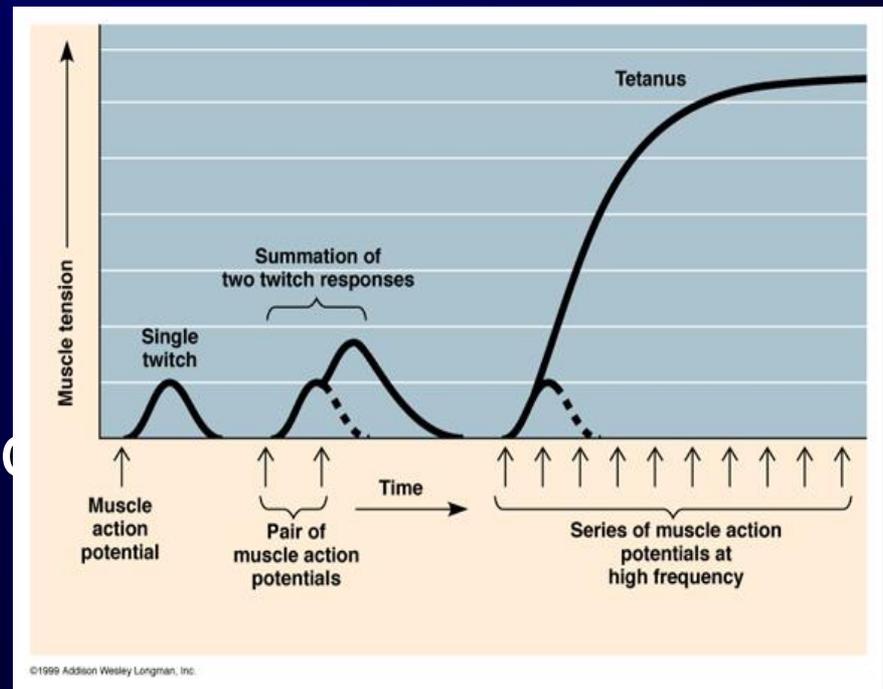
# DIAGRAMMA FORZA - VELOCITÀ



**allungamento    accorciamento**

# FORZA: FATTORI NERVOSI

- **Reclutamento:**  
numero di unità motorie
- Tipo di unità motorie
- **Sommazione:**  
frequenza di scariche
- **Sincronizzazione:**  
riduzione dello sfasamento nell'attività delle unità motorie



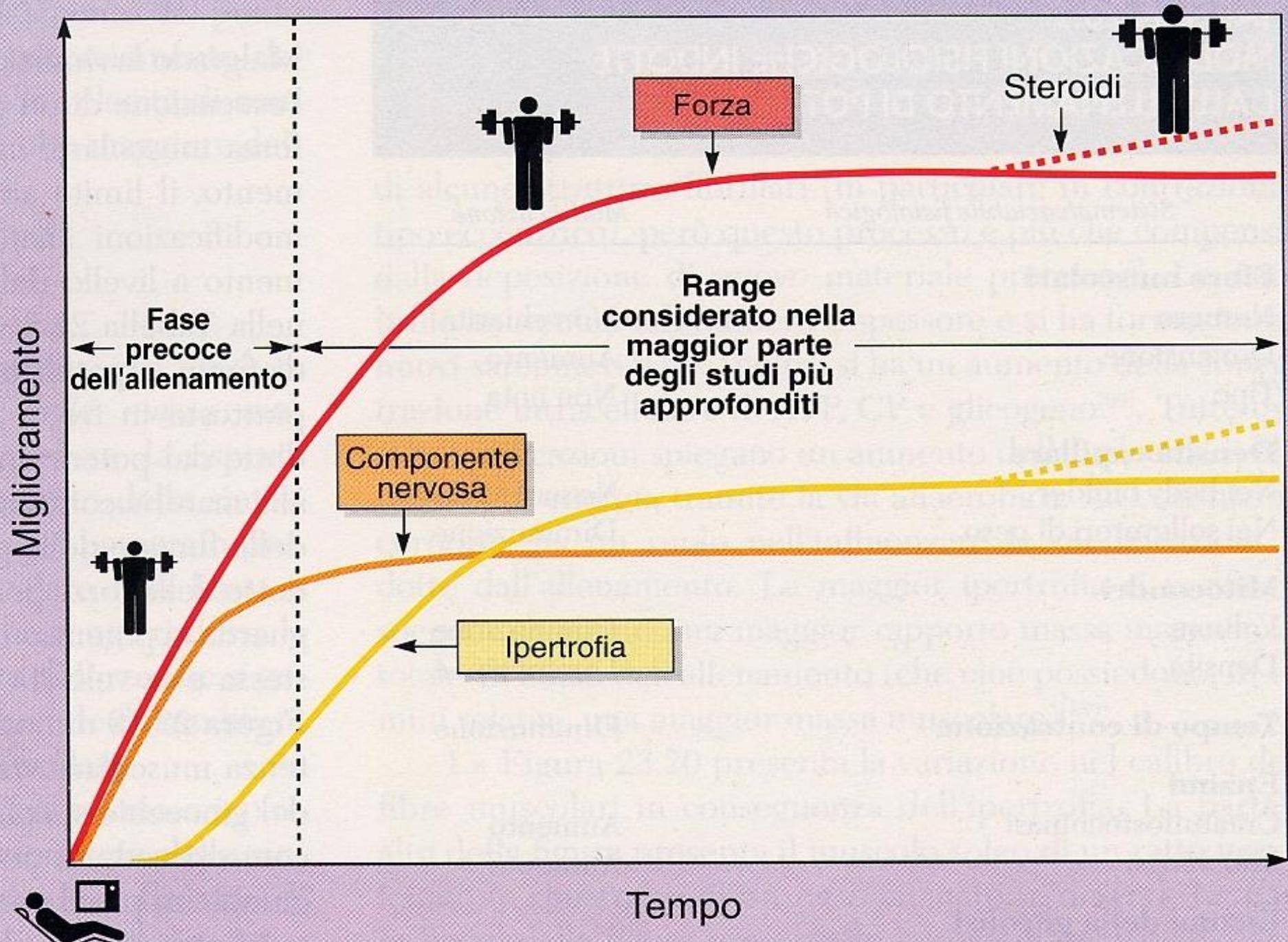
**Aumento della  
frequenza di scarica  
delle unità motorie  
reclutate**



**Aumento del numero  
delle unità motorie  
reclutate**

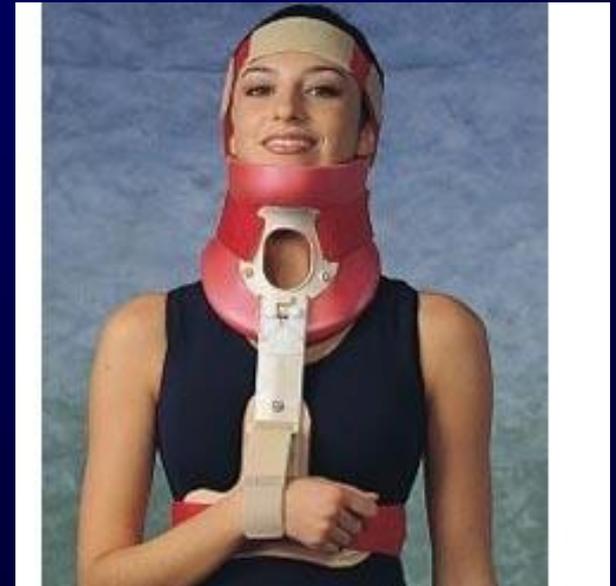


**AUMENTO DELLA  
FORZA PRODOTTA**



# Effetti di inattività e immobilizzazione

- Capacità aerobica
- Forza e resistenza del muscolo
- Ossa, articolazioni e tessuti molli
- Propriocezione e coordinazione



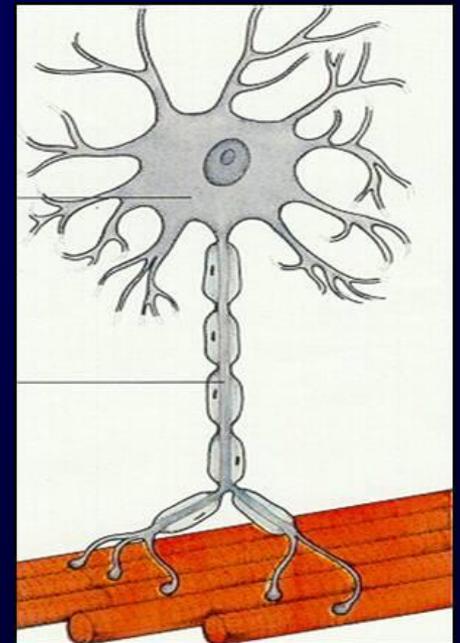
# Forza



- **Importanza dell'esercizio contro resistenza.**
  - Prevenzione del danno
  - Recupero dopo una lesione
  - Prestazione sportiva
  - Mantenimento della capacità funzionale

# Adattamenti fisiologici all'esercizio contro resistenza

- Adattamento del sistema nervoso
- Aumento di volume del muscolo
  - Ipertrofia
  - Iperplasia
- Conversione delle fibre muscolari:
  - IIB→IIA
- Altri adattamenti: aumentata attività enzimatica, depositi di ATP-CP-glicogeno, vascolarizzazione, riduzione del contenuto in mioglobina, densità mitocondriale



# Adattamenti fisiologici all'esercizio contro resistenza - 2



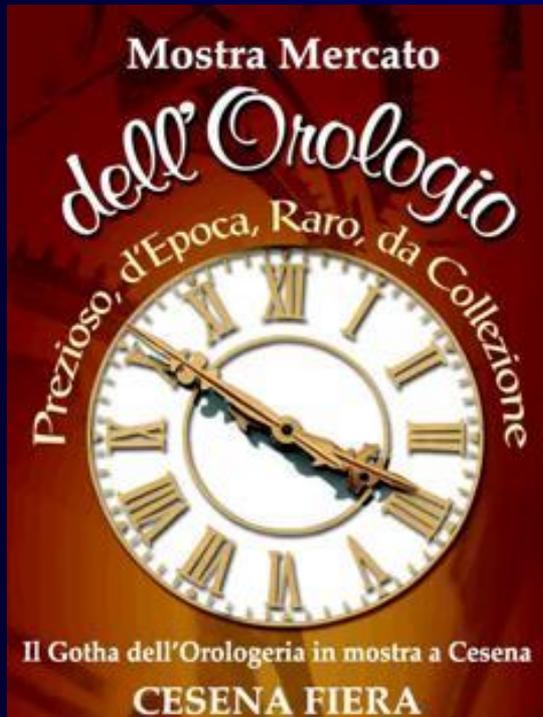
- Variazioni nella composizione corporea
- Adattamenti endocrini: testosterone
- Adattamenti del tessuto connettivo, dell'osso e delle cartilagini
- VO<sub>2</sub>max

# Principi di prescrizione dell'esercizio per il miglioramento della forza

- Scelta dell'esercizio
- Ordine degli esercizi
- Numero delle serie di ripetizioni
- Durata del recupero tra serie di esercizi
- Intensità dell'esercizio
- Progressione del carico di lavoro



# Durata del recupero tra serie di esercizi - 1



- Dipende dal livello di resistenza applicato. Si consiglia:
  - >3 min per resistenze molto elevate
  - 2-3 min per resistenze moderate
  - 1-2 min per resistenze minime

# Durata del recupero tra serie di esercizi - 2

- QB per proseguire in sicurezza
- Pause  $< 2$  min aumentano lo stress metabolico

