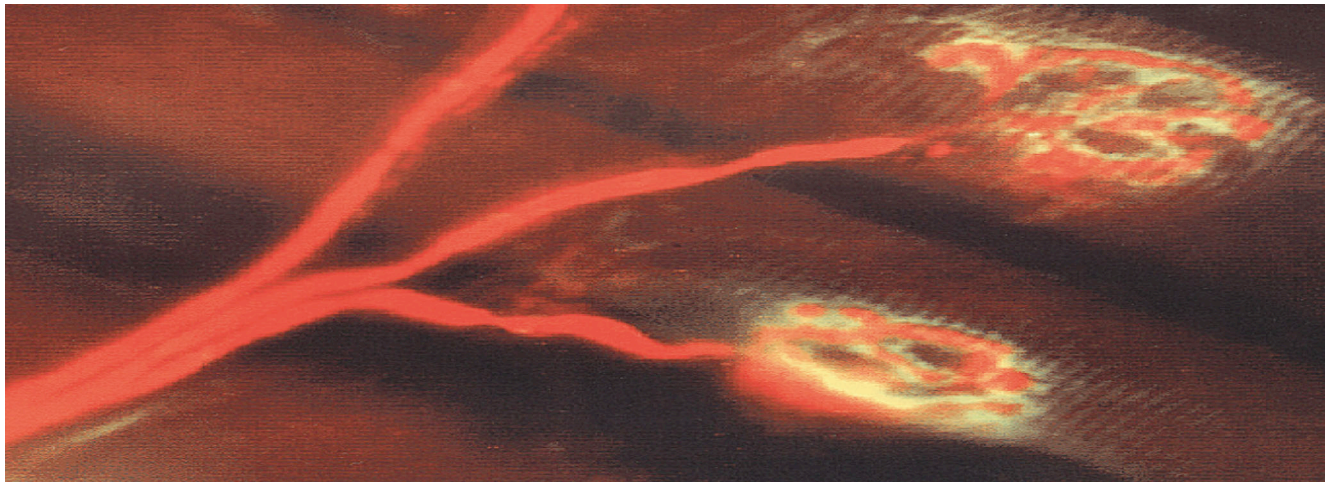
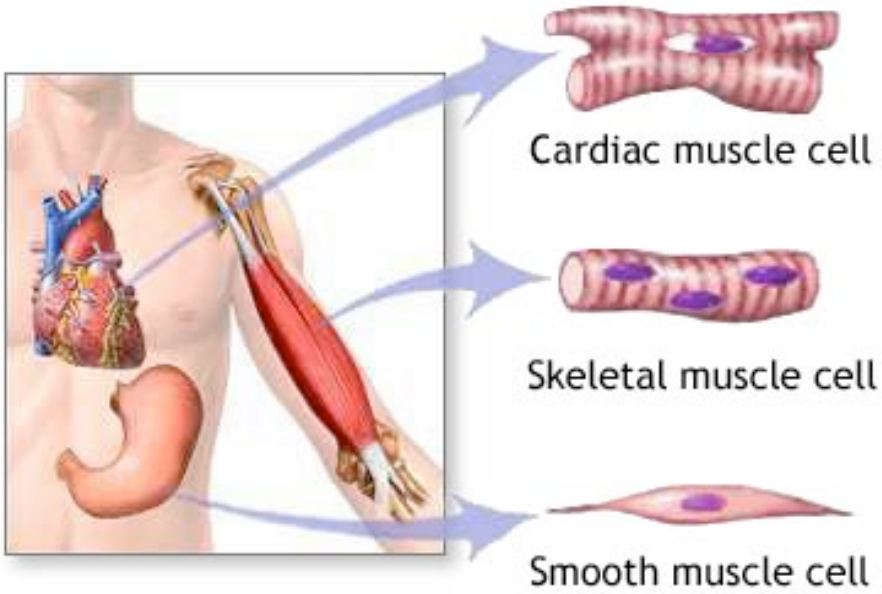
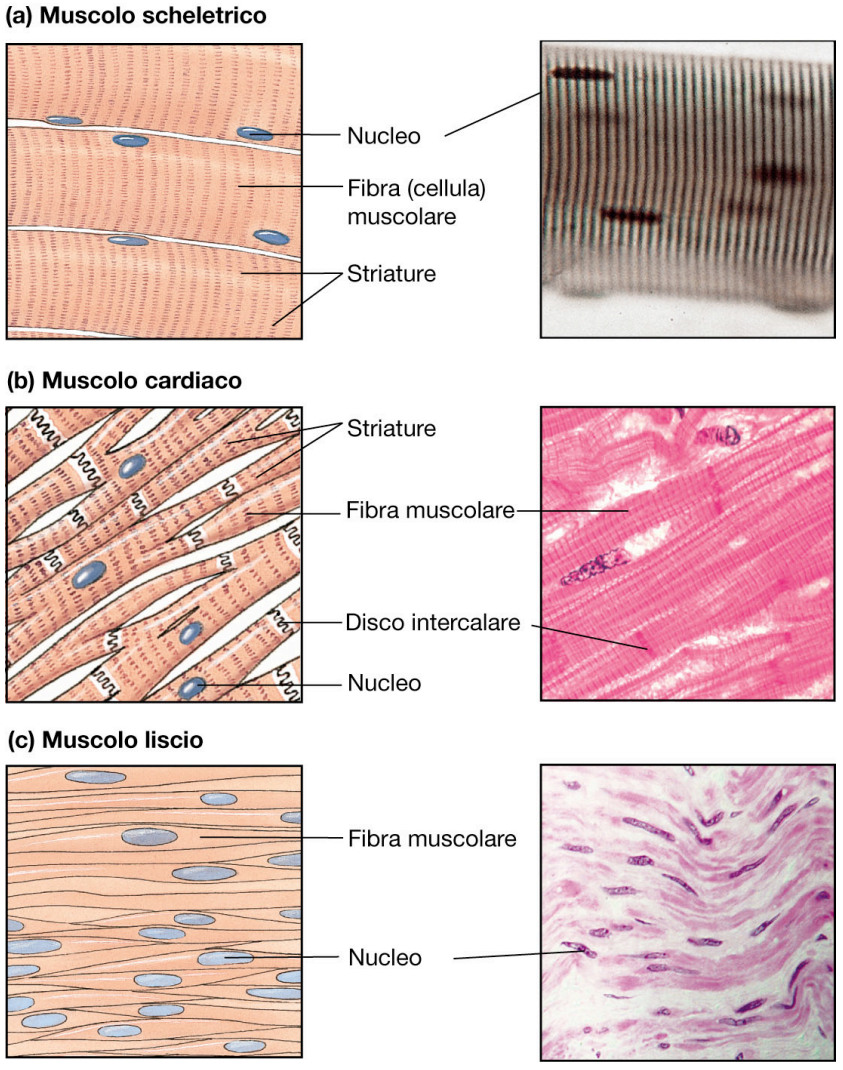
Il sistema MUSCOLARE



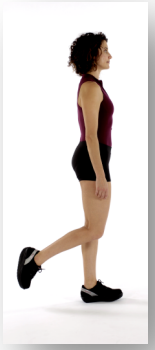
Tipi di Muscolo





Funzioni del muscolo:

generare movimento



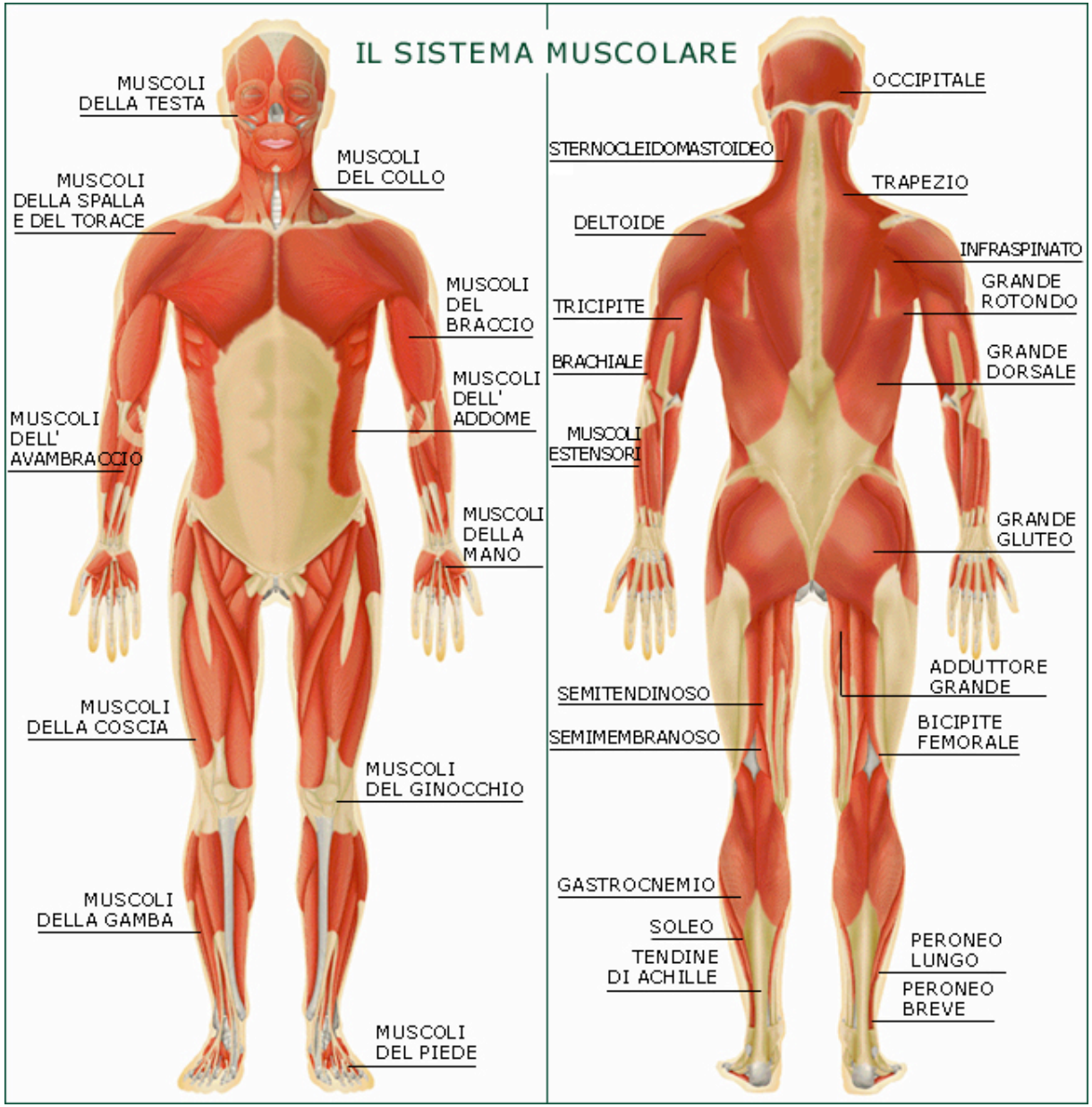
generare forza



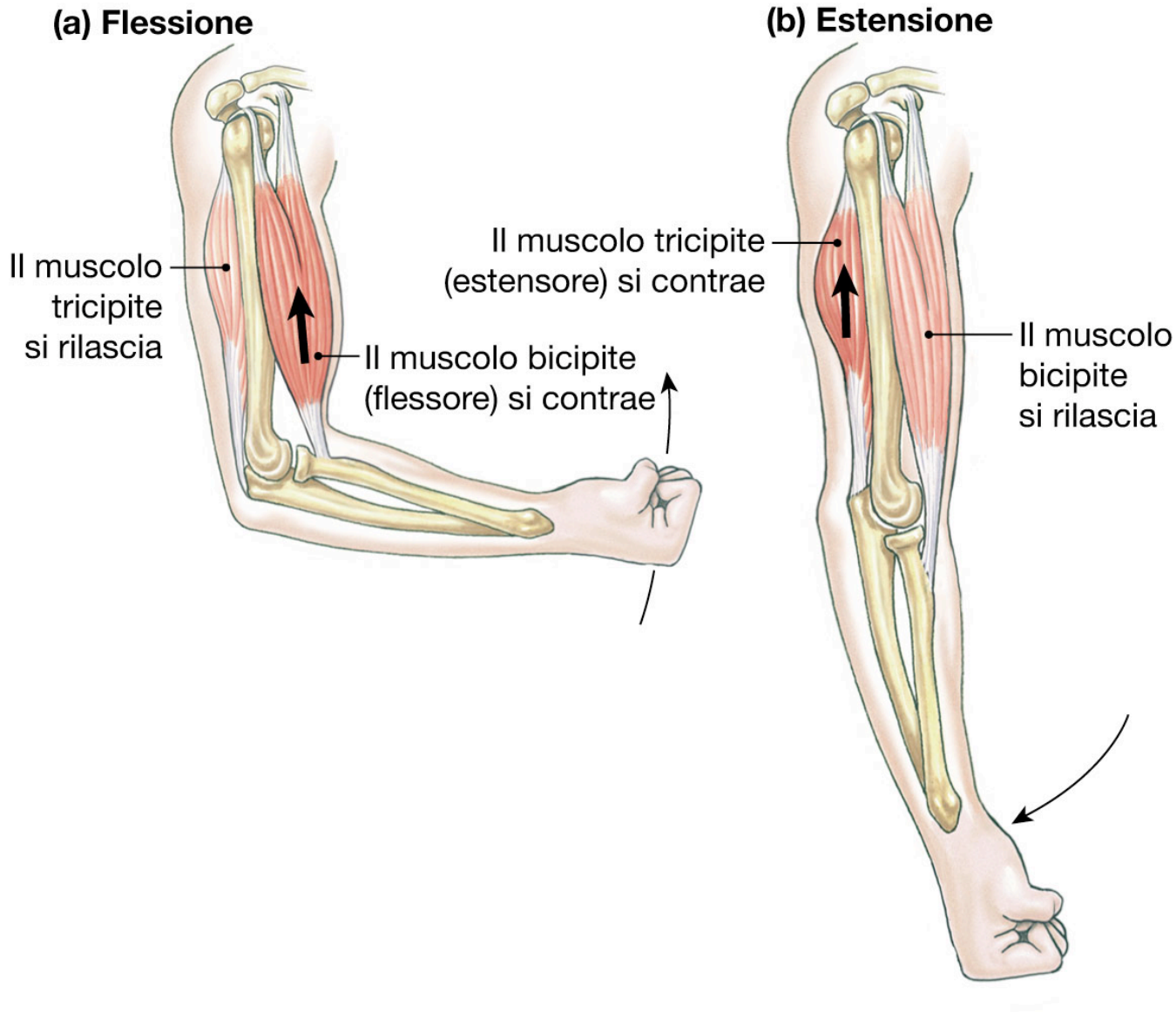
generare calore



Il MUSCOLO SCHELETRICO

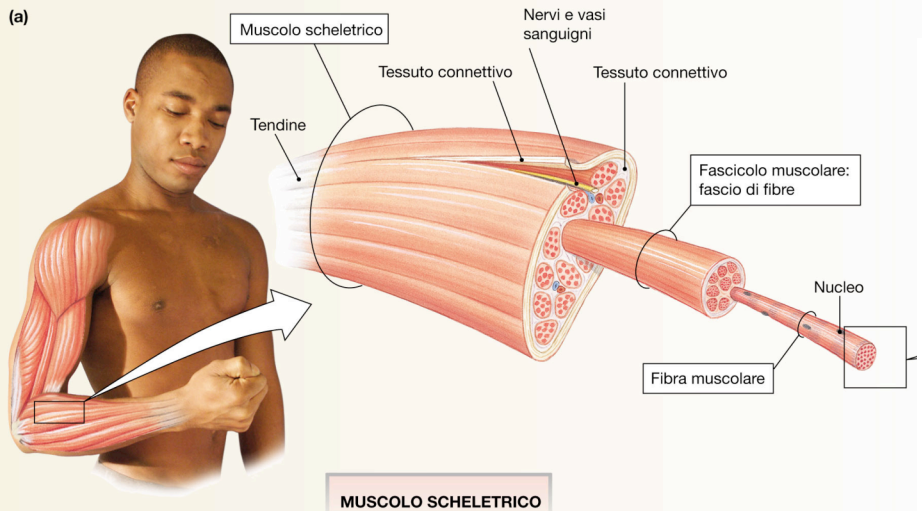


Muscoli ANTAGONISTI



RICHIAMI DI ANANTOMIA

IL MUSCOLO SCHELETRICO



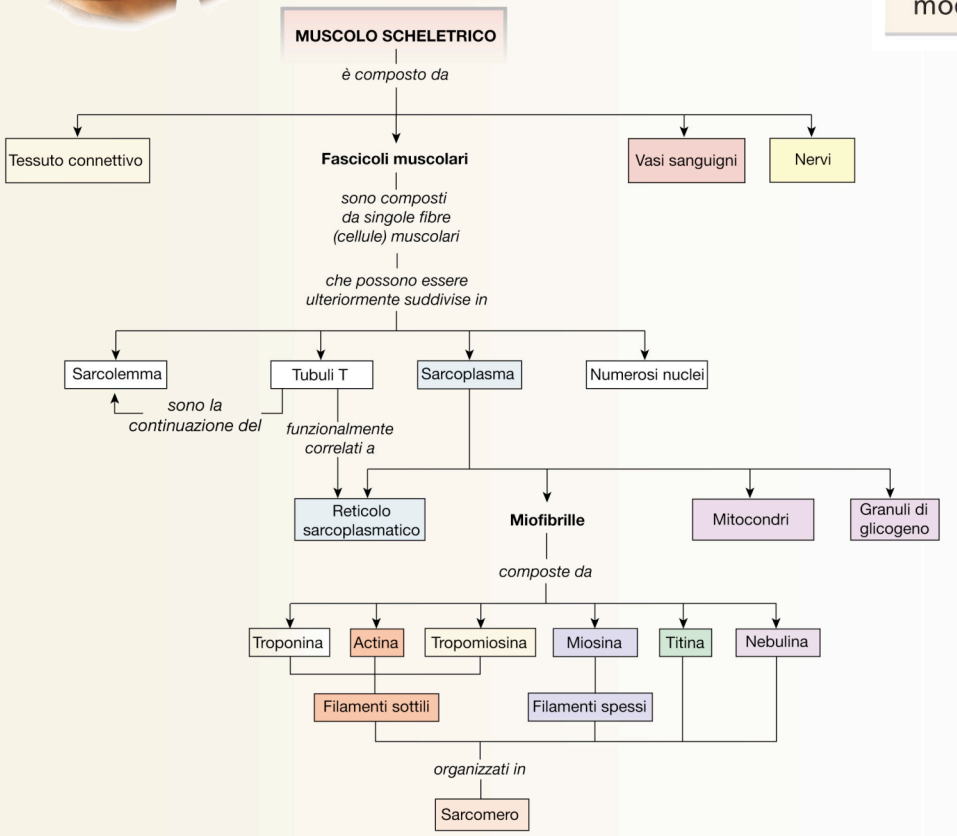
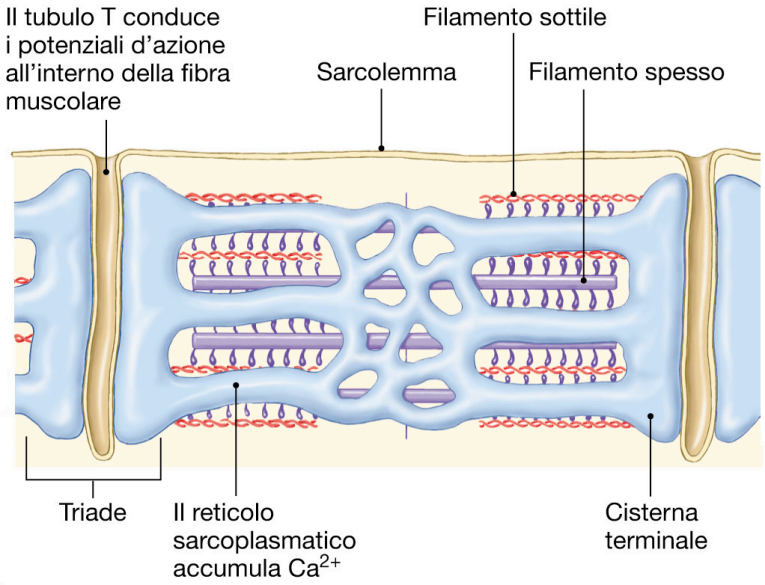
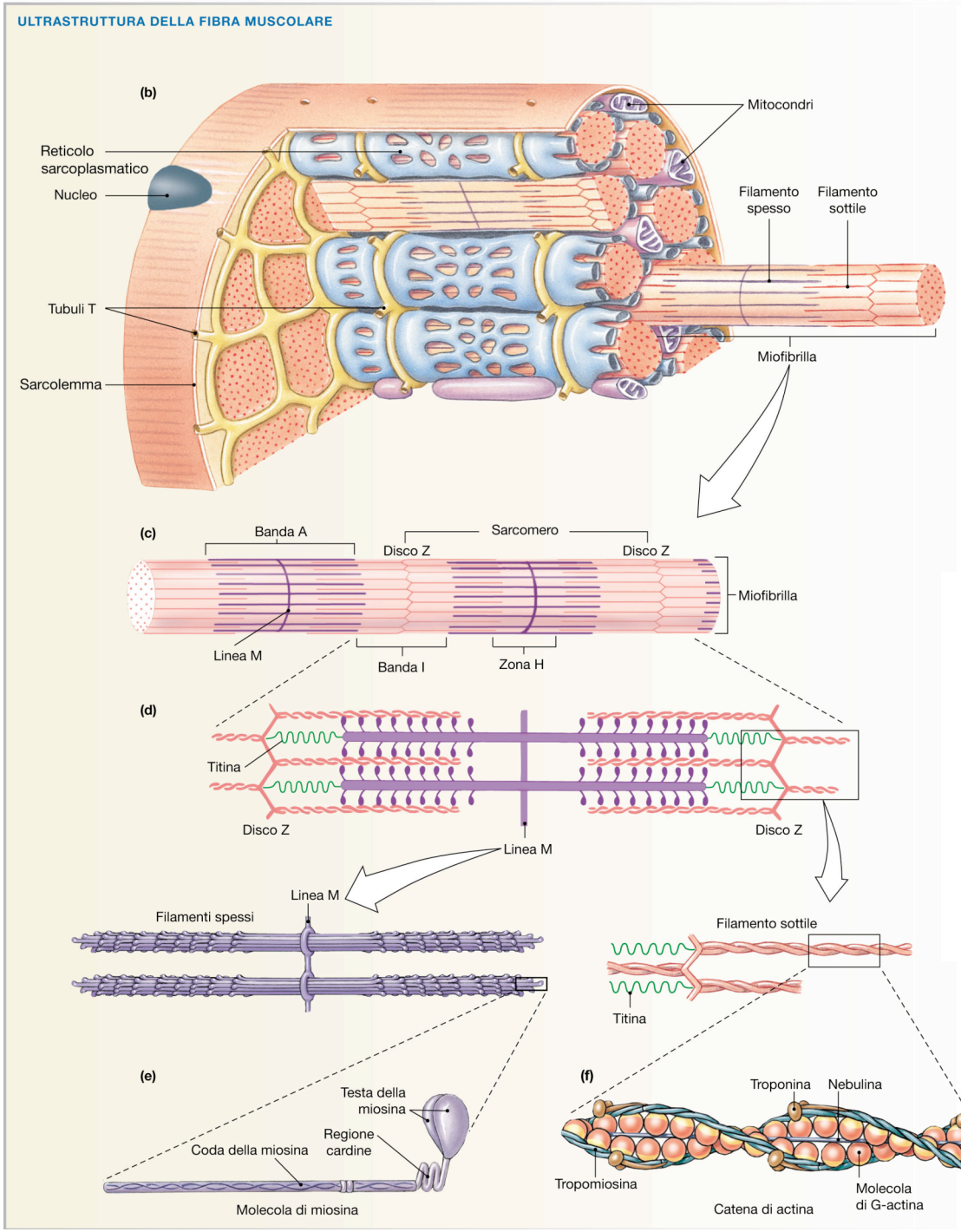


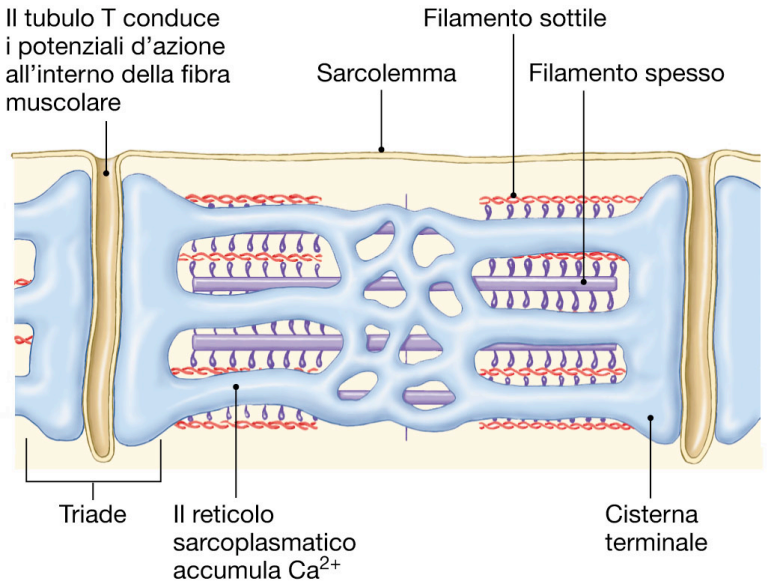
TABELLA 12-1 Terminologia specifica riferita ai muscoli

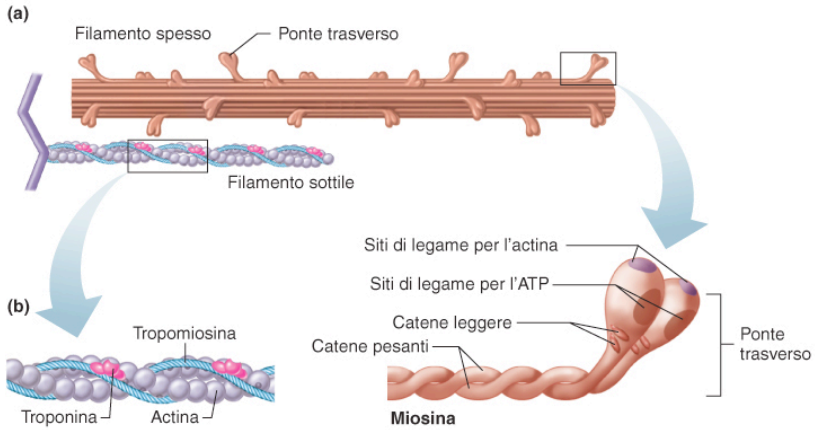
TERMINE GENERICO	EQUIVALENTE MUSCOLARE
Cellula muscolare	Fibra muscolare
Membrana cellulare	Sarcolemma
Citoplasma	Sarcoplasma
Reticolo endoplasmatico modificato	Reticolo sarcoplasmatico

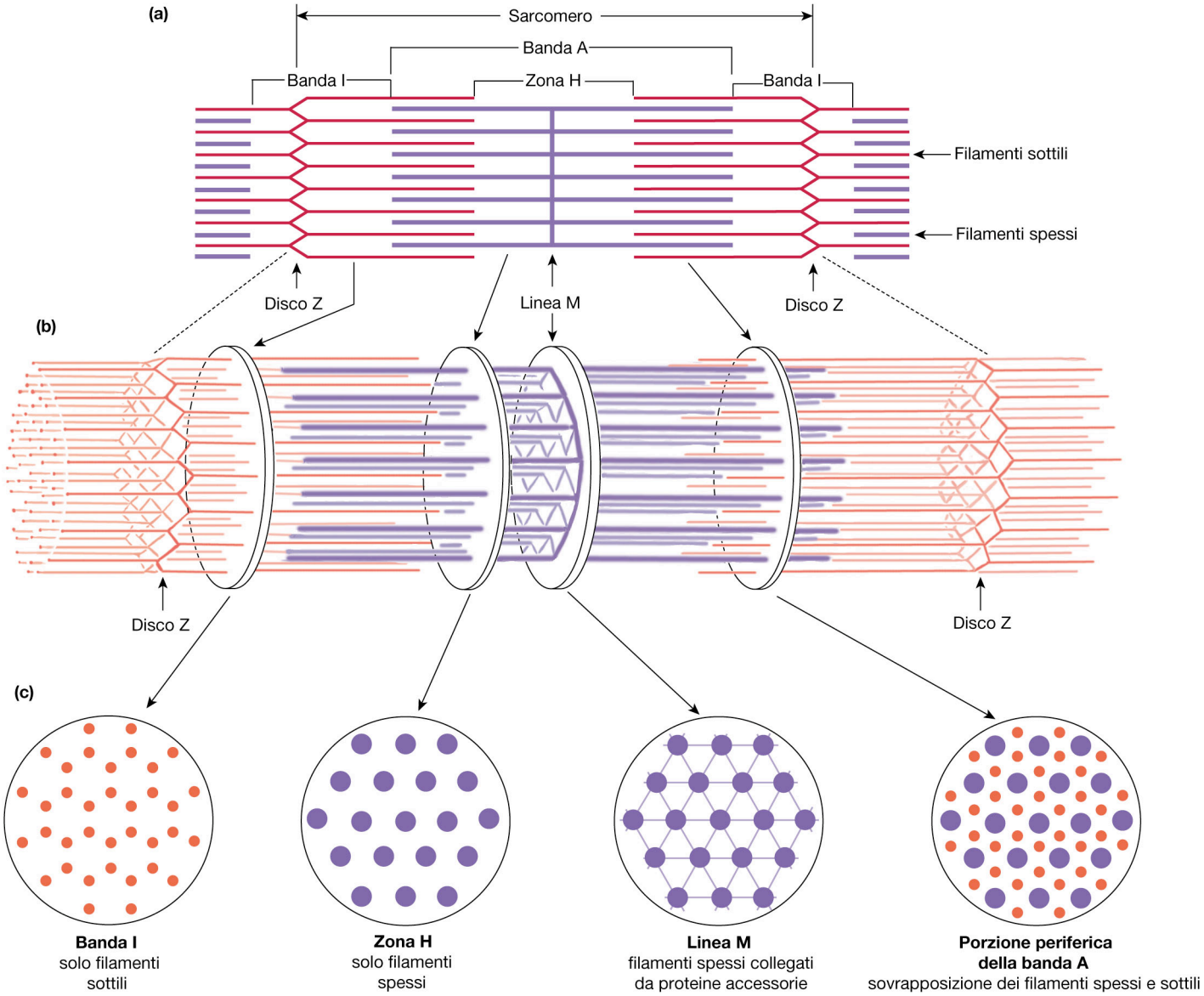


ULTRASTRUTTURA DELLA FIBRA MUSCOLARE

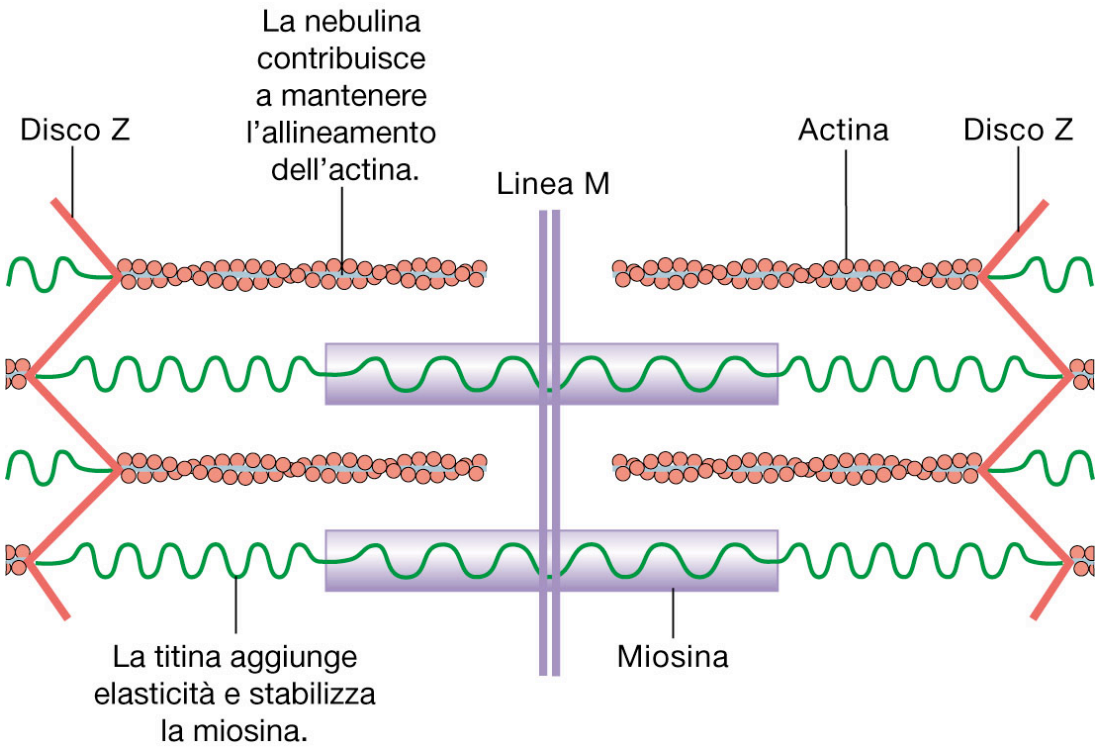




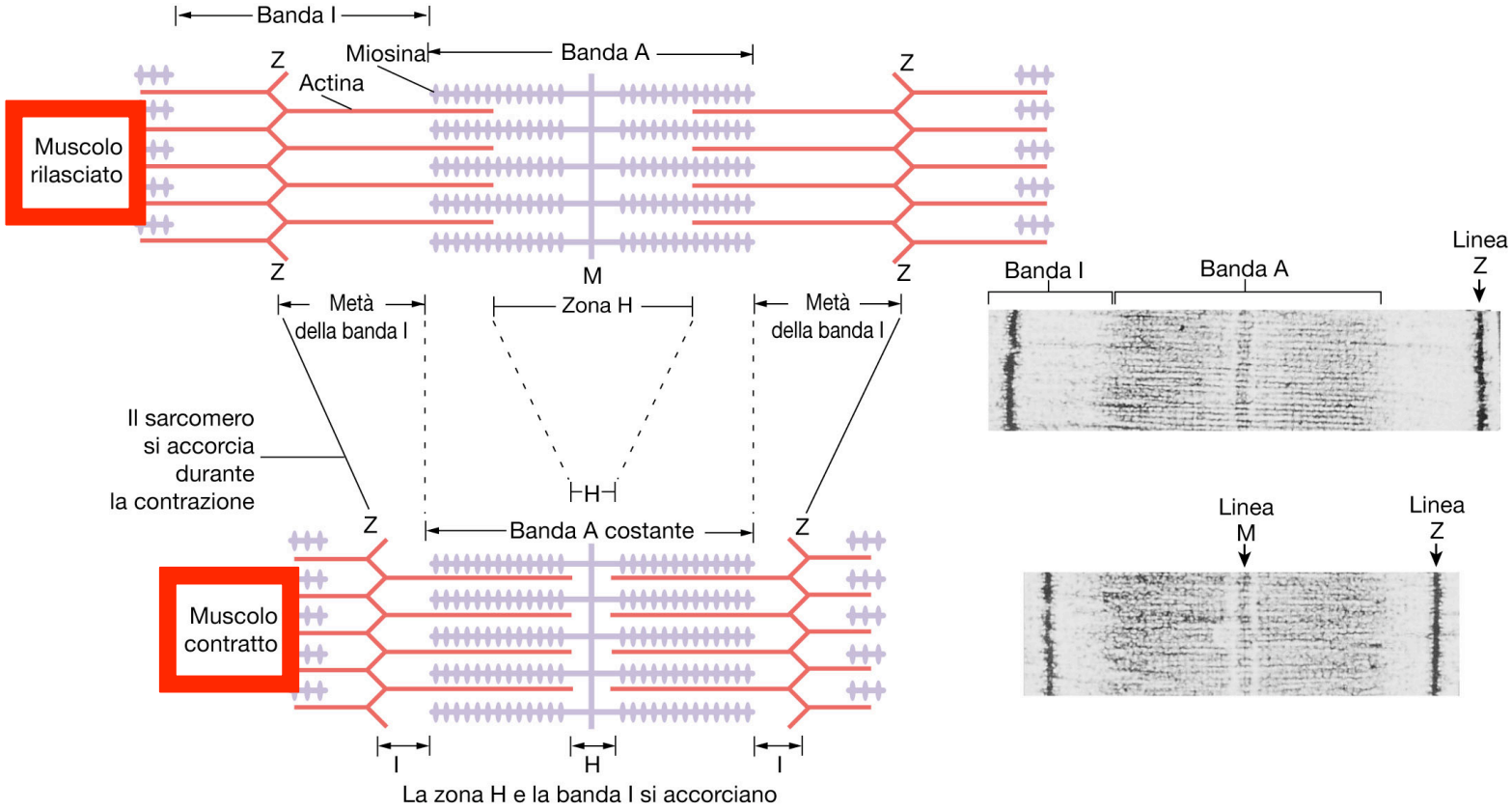



(a)
Sarcomero
Banda A
Banda I
Zona H
Banda I
Filamenti sottili
Filamenti spessi
Disco Z
Linea M
Disco Z
(b)
Disco Z
Disco Z
(c)
Banda I
solo filamenti
sottili
Zona H
solo filamenti
spessi
Linea M
filamenti spessi collegati
da proteine accessorie
Porzione periferica
della banda A
sovrapposizione dei filamenti spessi e sottili

Le proteine accessorie



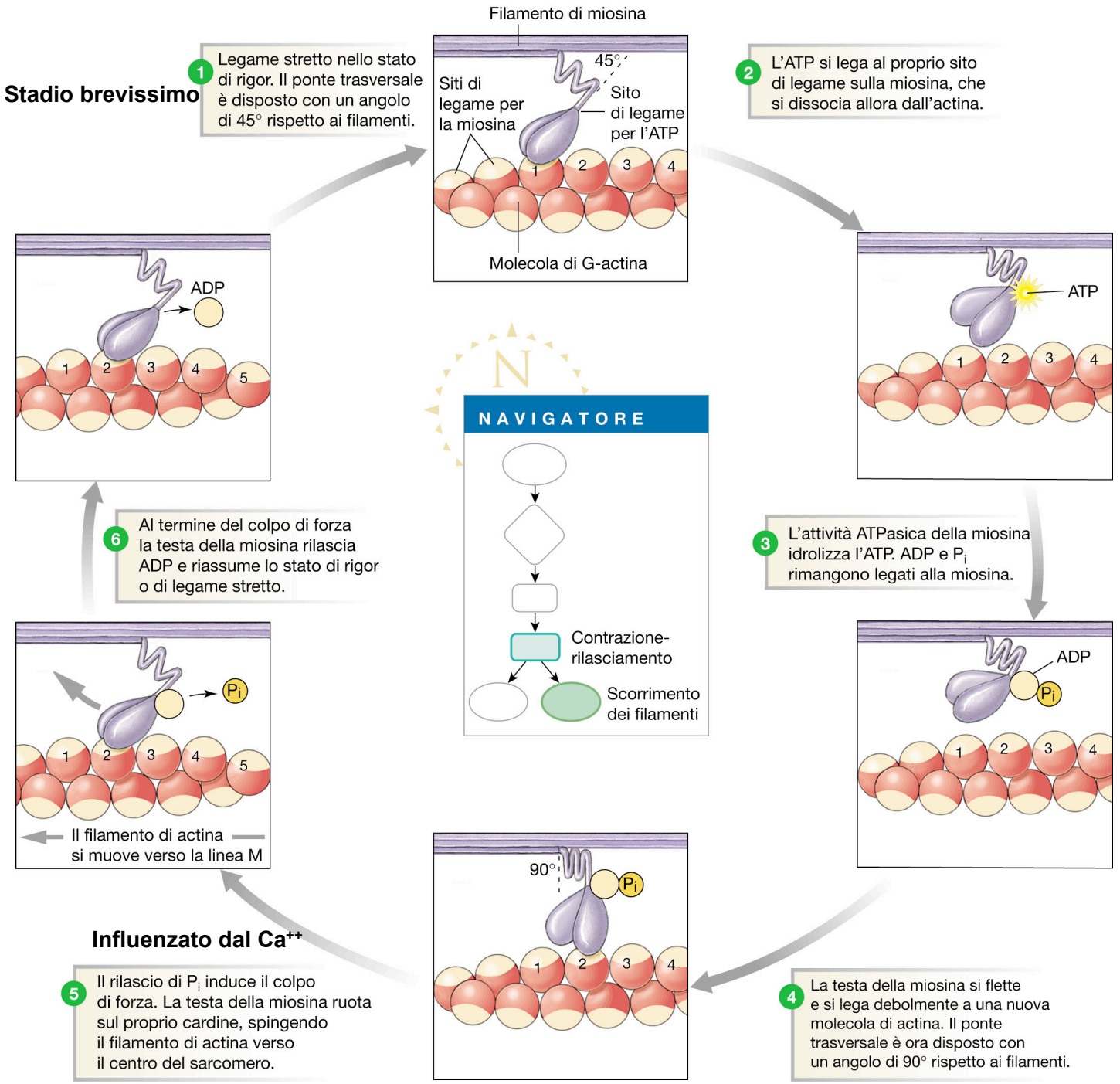
Modificazioni del sarcomero durante la contrazione



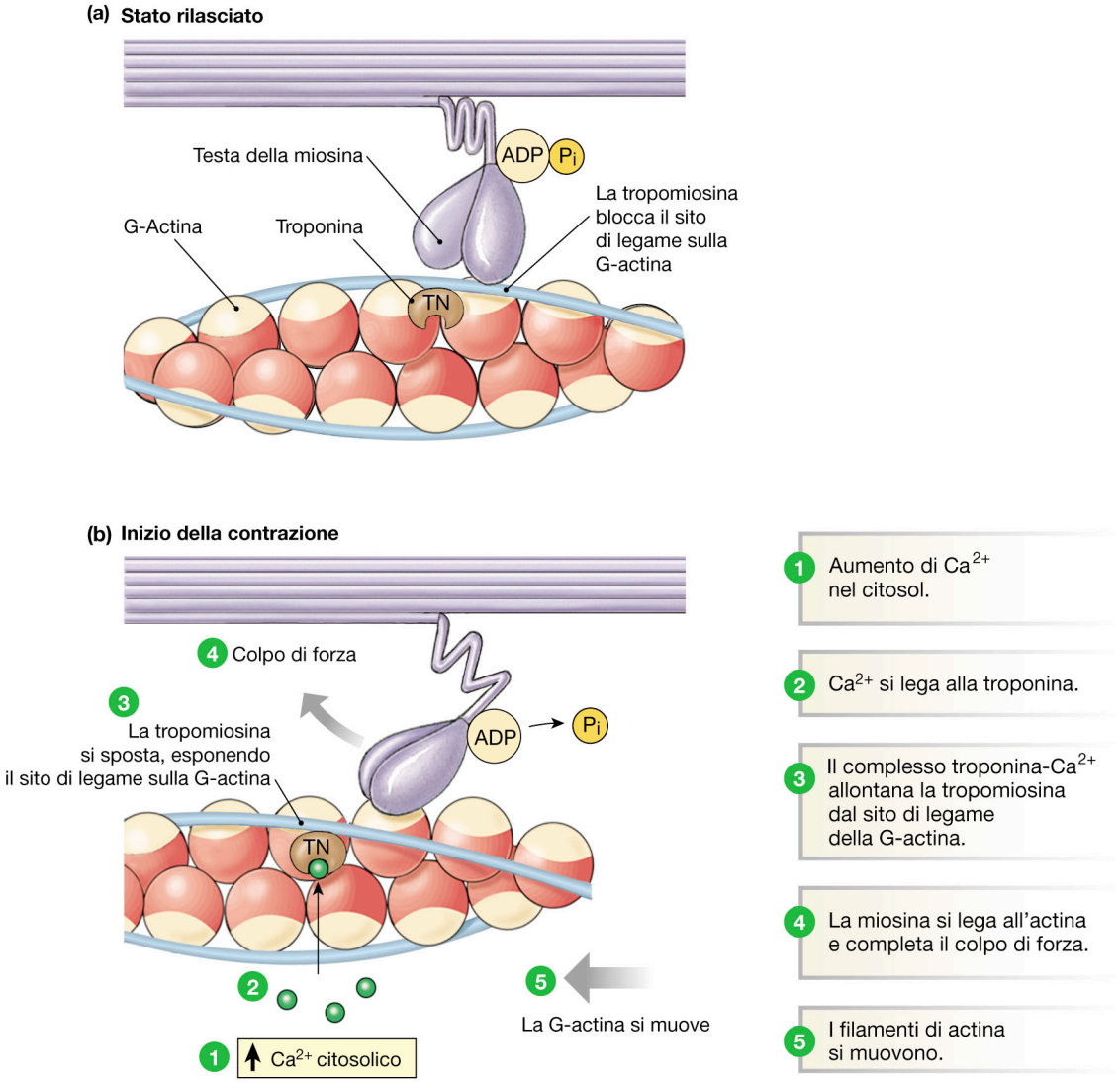
Teoria dello scorrimento dei filamenti

La contrazione genera forza (tensione muscolare)
Il CARICO è il peso che si oppone alla contrazione

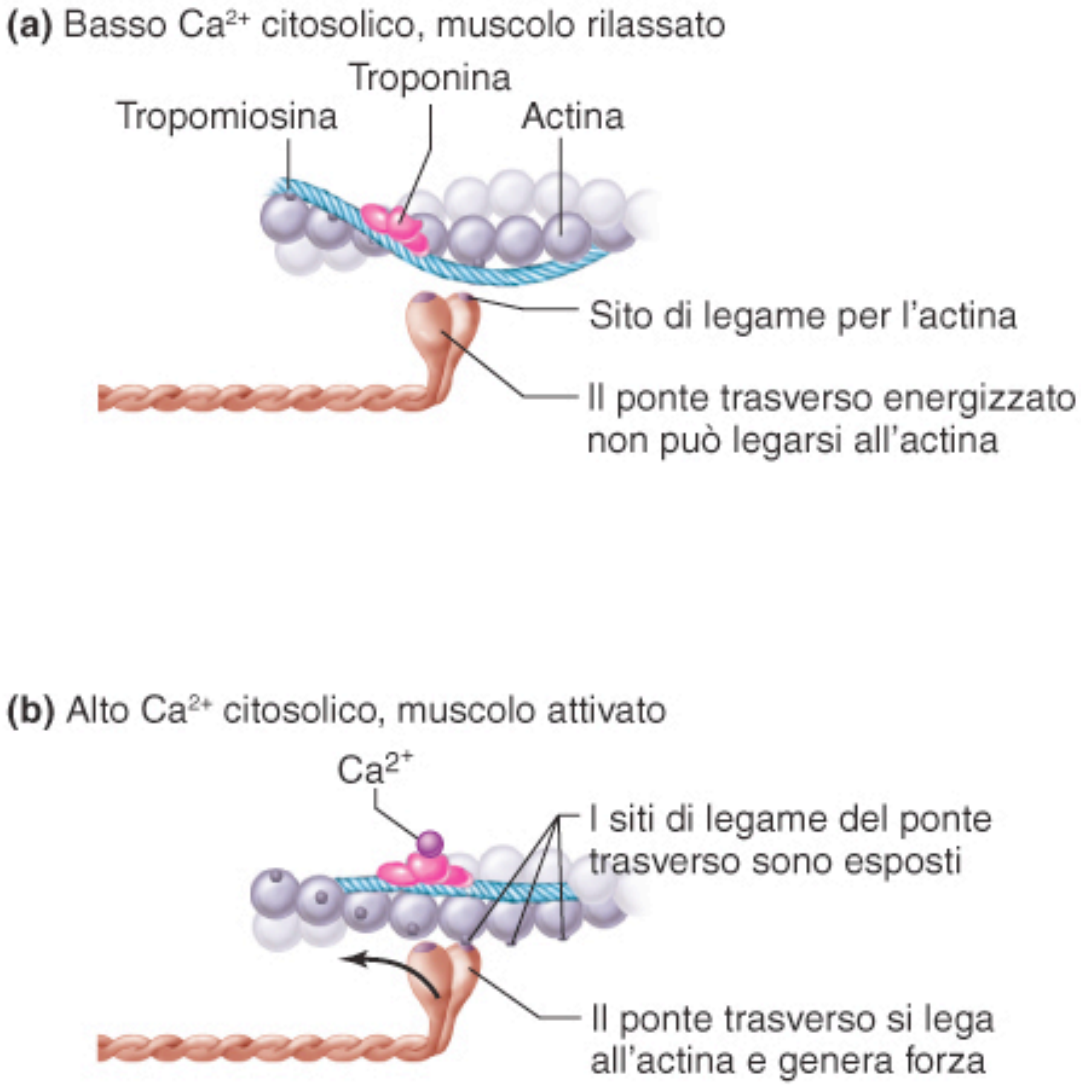
Basi Molecolari Della Contrazione



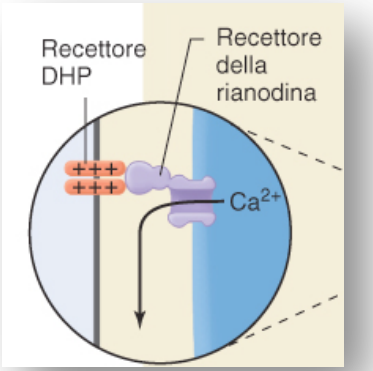
Ruolo delle proteine regolatrici

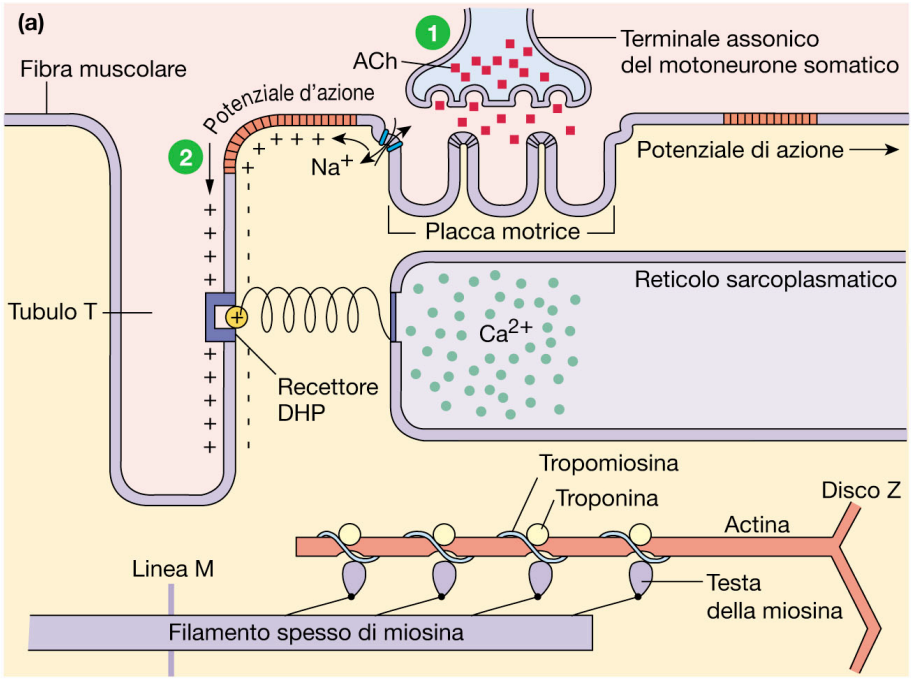


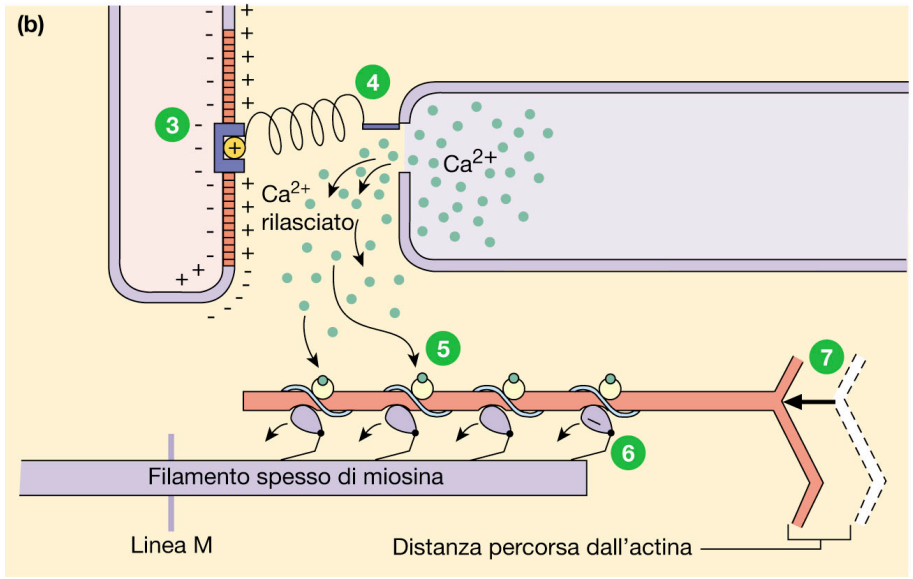
Ruolo delle proteine regolatrici



IL RILASCIO DI CALCIO: ACCOPPIAMENTO ECCITAZIONE-CONTRAZIONE







1. Il motoneurone somatico rilascia ACh a livello della giunzione neuromuscolare.
2. L'ingresso netto di Na^+ tramite i recettori sensibili all'ACh induce un potenziale d'azione.
3. Il potenziale d'azione nei tubuli T altera la conformazione del recettore DHP.
4. Il recettore DHP apre canali per il rilascio del Ca^{2+} nel reticolo sarcoplasmatico e il Ca^{2+} entra nel citoplasma.
5. Il Ca^{2+} si lega alla troponina, consentendo il legame forte fra actina e miosina.
6. Le teste della miosina generano il colpo di forza.
7. I filamenti di actina scorrono verso il centro del sarcomero.

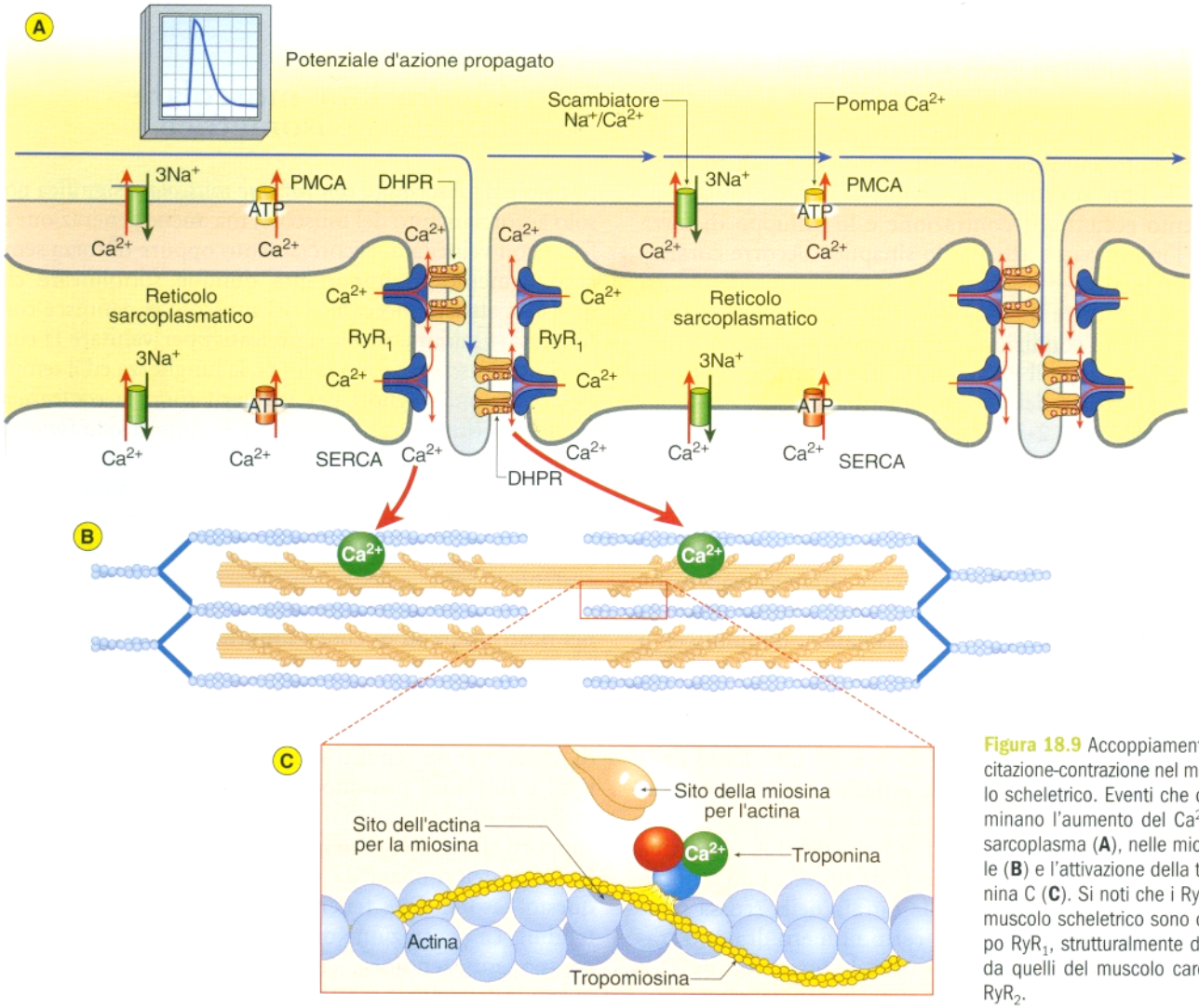
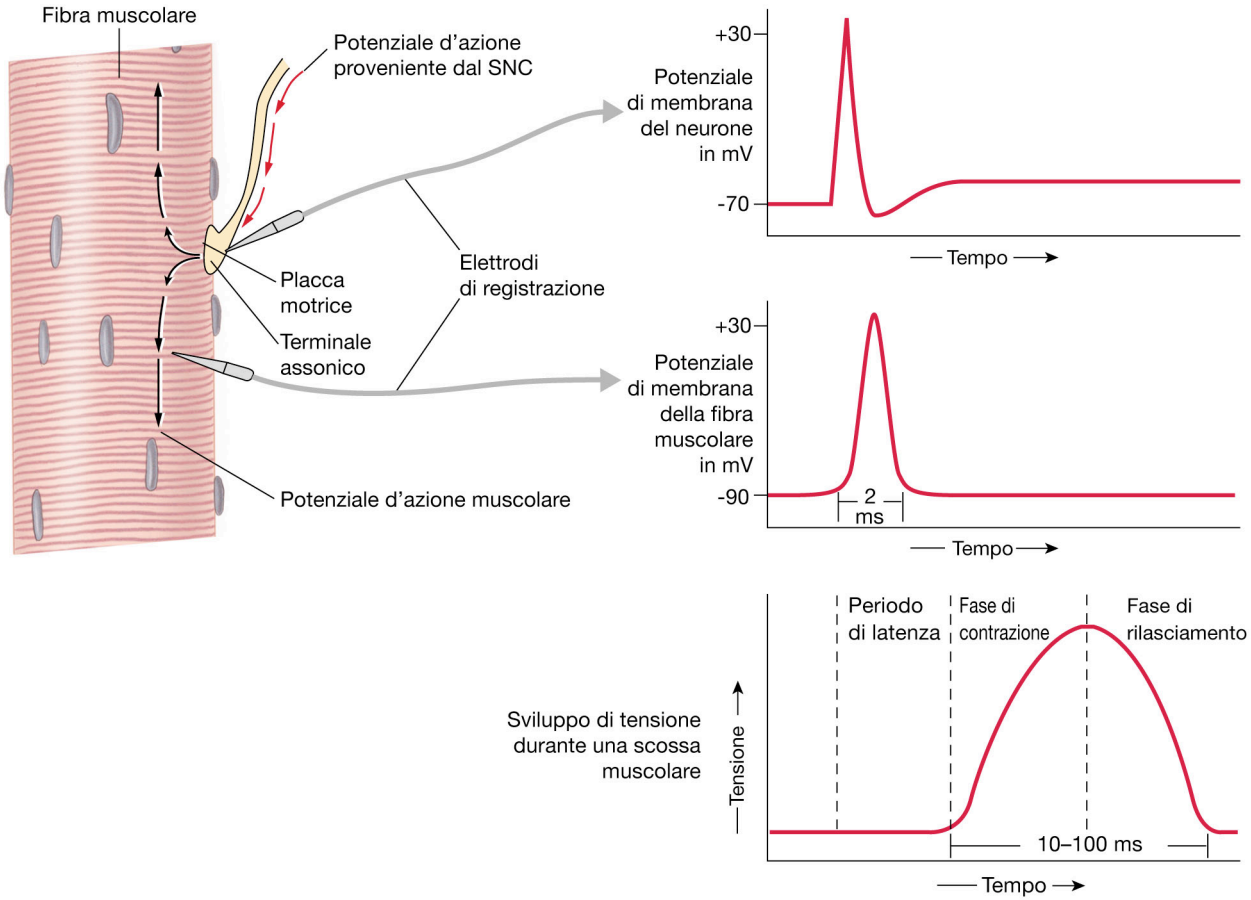


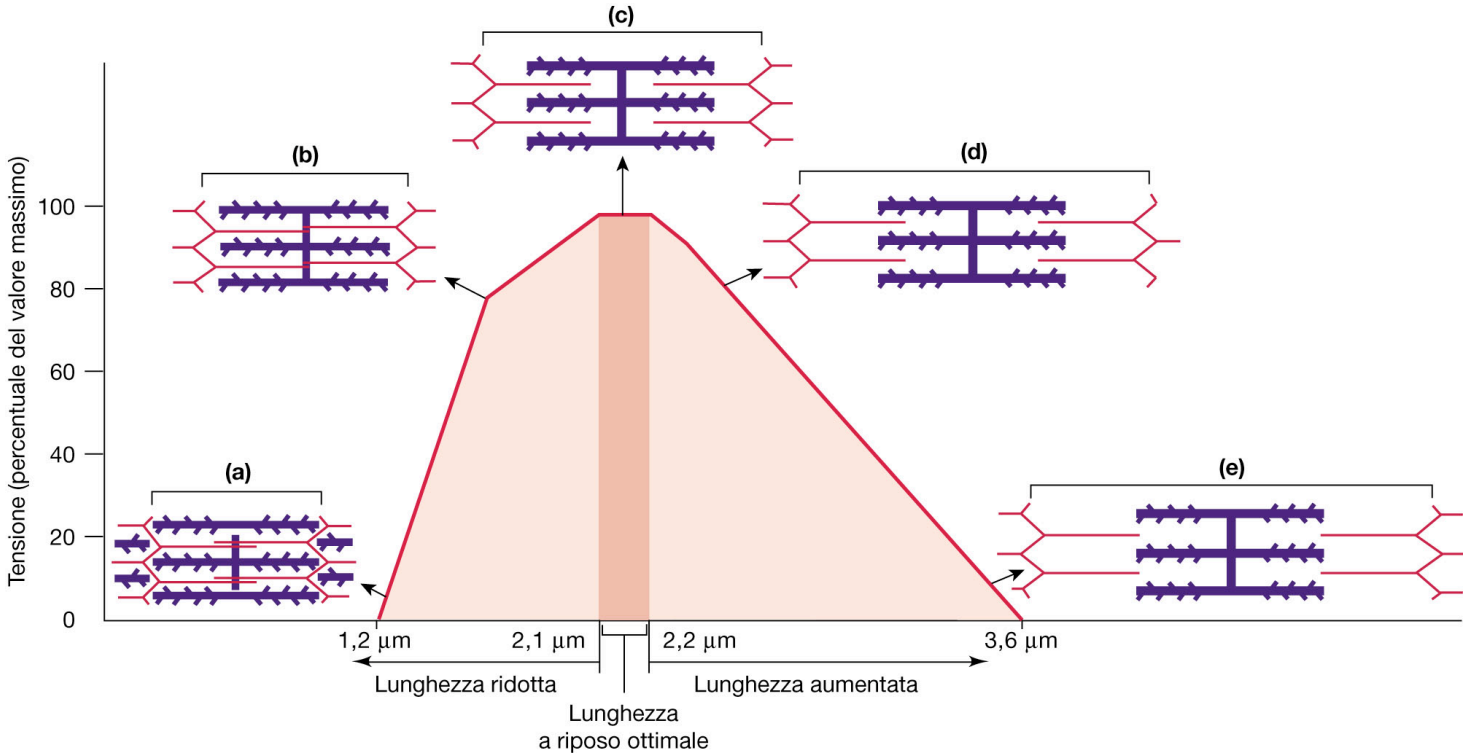
Figura 18.9 Accoppiamento eccitazione-contrazione nel muscolo scheletrico. Eventi che determinano l'aumento del Ca^{2+} nel sarcoplasma (**A**), nelle miofibrille (**B**) e l'attivazione della troponina C (**C**). Si noti che i RyR del muscolo scheletrico sono del tipo RyR_1, strutturalmente diversi da quelli del muscolo cardiaco RyR_2.

Eventi ELETTRICI e MECCANICI



Scossa semplice

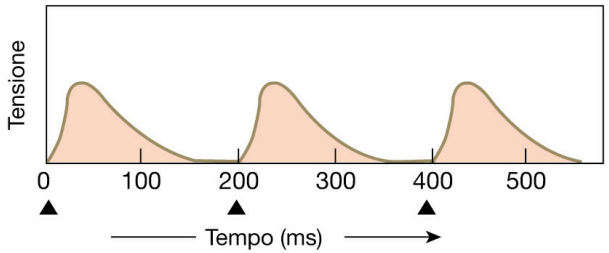
Relazione LUNGHEZZA/TENSIONE nel sarcomero



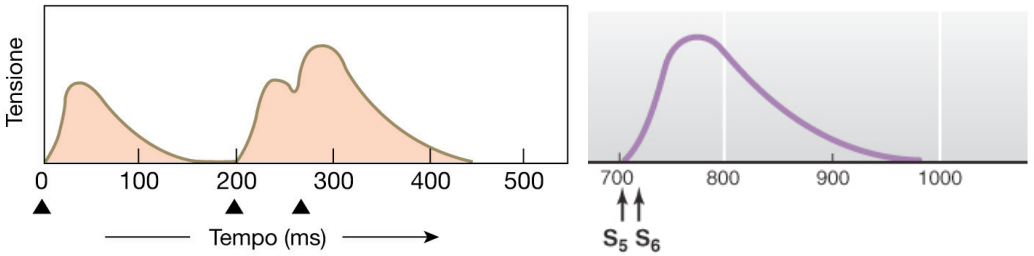
La tensione che un muscolo riesce a sviluppare è direttamente proporzionale al numero di ponti trasversi che si formano tra i filamenti sottili e spessi.

Sommazione delle contrazioni

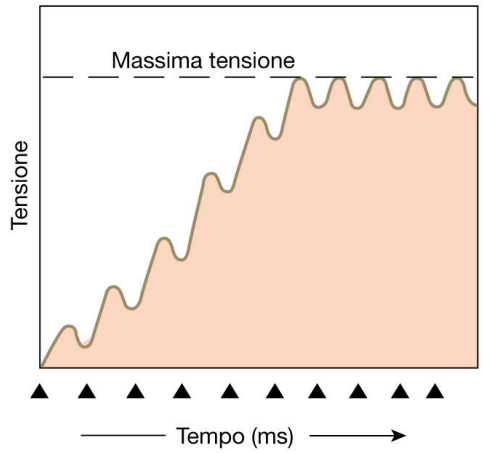
(a) Scosse muscolari singole: il muscolo si rilascia completamente tra gli stimoli (▲).



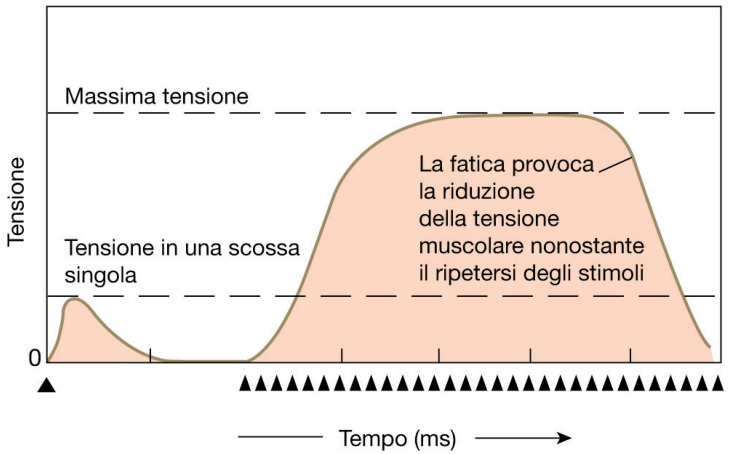
(b) Sommazione: gli stimoli ravvicinati non consentono al muscolo di rilasciarsi completamente.



(c) La sommazione può determinare il tetano incompleto: l'intervallo fra gli stimoli è abbastanza lungo da consentire un parziale rilasciamento muscolare.



(d) La sommazione può determinare il tetano completo: il muscolo raggiunge una tensione costante.



La forza della contrazione aumenta con la sommazione delle singole contrazioni muscolari.

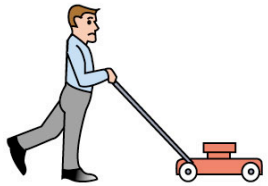
Ruolo della FOSFOCREATINA

Muscolo a riposo



ATP derivato dal metabolismo + creatina $\xrightarrow[\text{chinasi}]{\text{creatina}}$ ADP + fosfocreatina

Muscolo in esercizio



Fosfocreatina + ADP $\xrightarrow[\text{chinasi}]{\text{creatina}}$ Creatina + ATP

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)

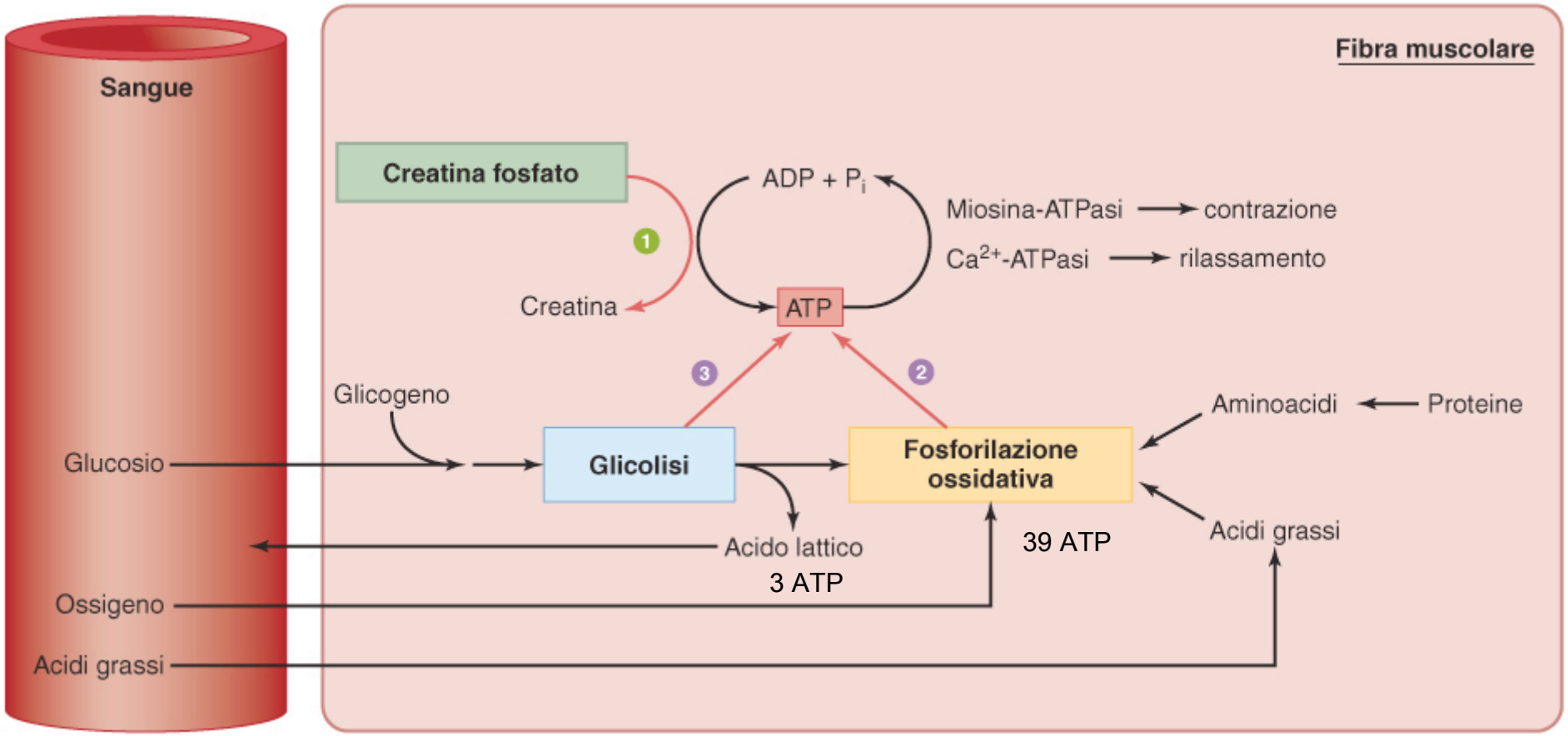
La CP si differenzia dall'ATP sotto molteplici aspetti. In prima istanza il suo accumulo nei muscoli è maggiore rispetto alla concentrazione di ATP, normalmente pari a 5 volte tanto.

Se poi teniamo conto che le riserve di CP possono essere completamente utilizzate, mentre le riserve di ATP sono disponibili per poco meno della metà di ATP immagazzinata, il divario diviene ancora più ampio.

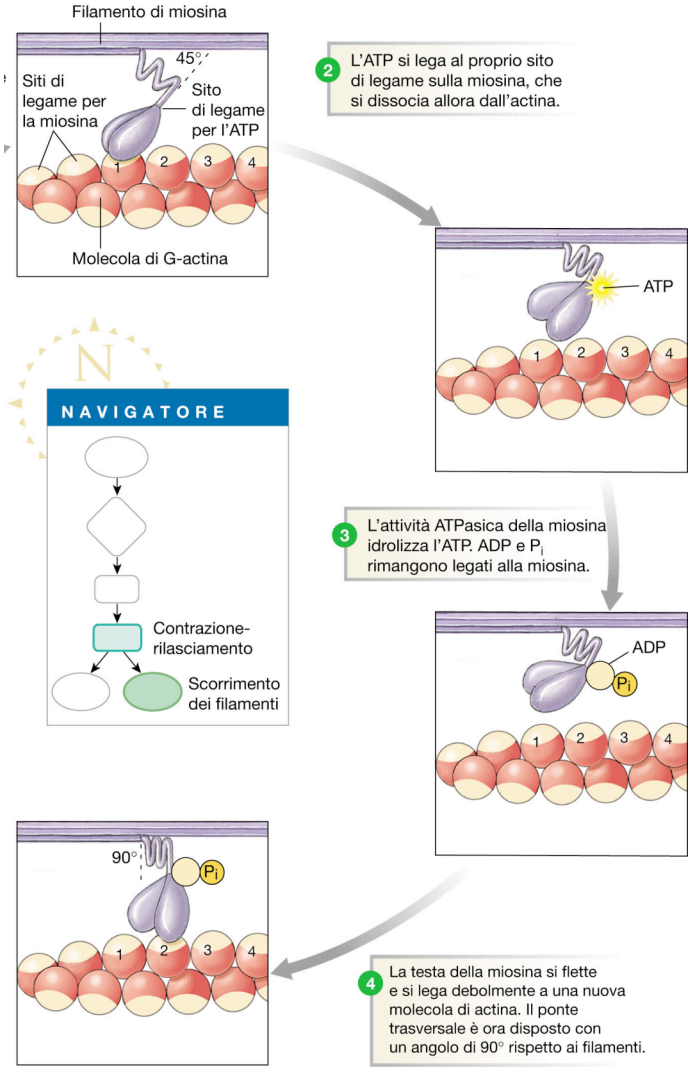
L'ATP, essendo importante non solo per la prestazione muscolare e per il lavoro che ne consegue, ma anche per le funzioni biologiche di un organismo, non può essere utilizzata oltre una certa soglia, in modo da preservare una sorta di "scorta vitale", pari a circa il 60% dell'ATP totale.

La quantità di ATP presente in una fibra muscolare è sufficiente a solo 8 scosse semplici

Metabolismo del MUSCOLO



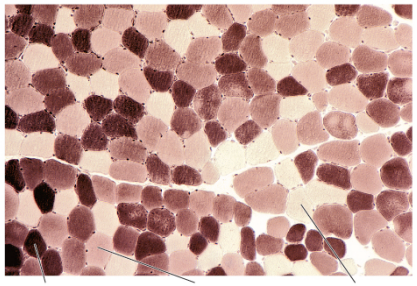
1- non necessita di O_2 e non produce acido lattico (azioni di breve durata 10-20 sec)
2- richiede ossigeno, ossidazione completa dell'acido piruvico a CO2 e H2O, produzioen di 39 moli di ATP (attività fisiche prolungate)
3- non richiede ossigeno, produce acido lattico e 3 molecole di ATP, produzione veloce, (stimoli intensi e sostenuti)

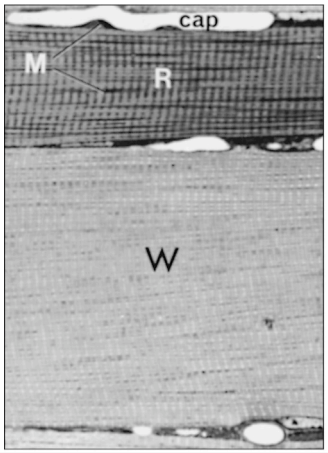


Affaticamento muscolare: minore disponibilità di ATP, rilascio più lento dei ponti trasversali

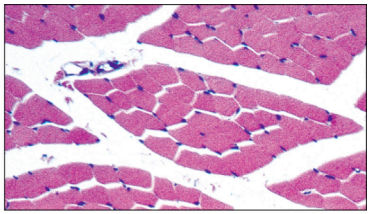
Affaticamento centrale: la diminuzione di PO2 nel sangue, e aumento di PCO2 e [acido lattico] agisce su chemocettori carotidei ad aortici

Tipi di fibre muscolari sulla base della velocità di contrazione e resistenza alla fatica





Fibre muscolari ossidative a contrazione lenta
Notate il diametro minore e il colore più scuro dovuto alla mioglobina. Mostrano resistenza alla fatica.





Fibre muscolari glicolitiche a contrazione rapida
Diametro maggiore, colore più chiaro. Vanno rapidamente incontro a fatica.

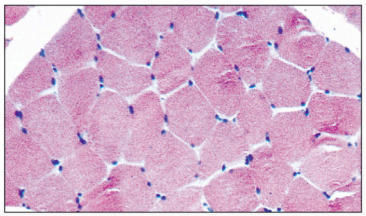
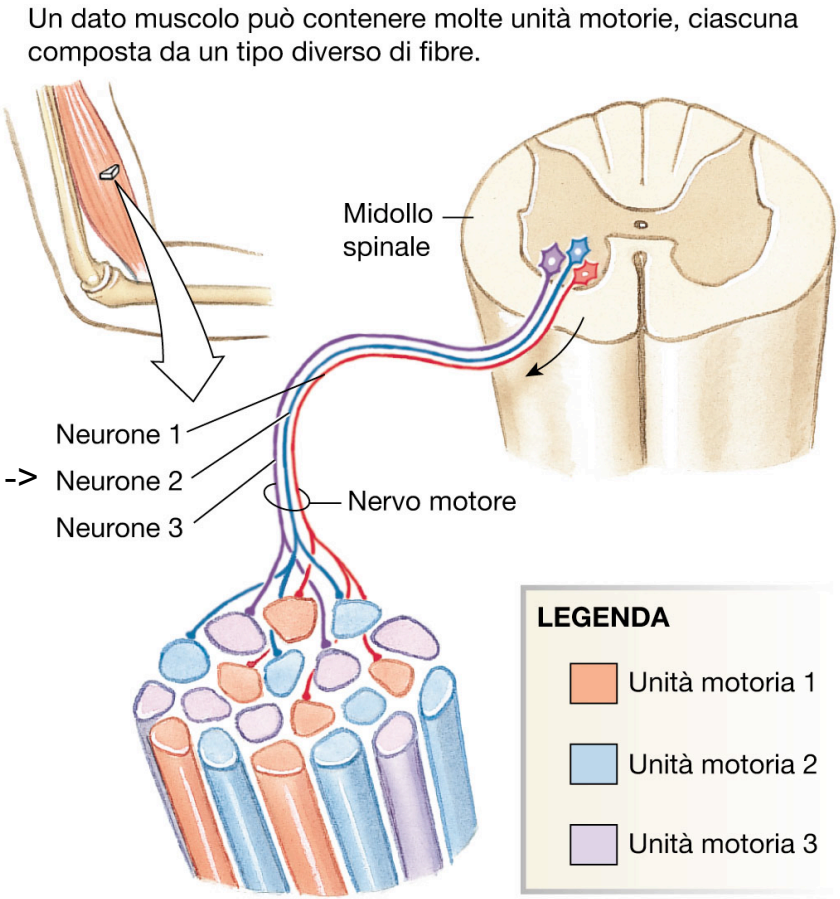




TABELLA 12-2 Caratteristiche dei tipi di fibre muscolari

	LENTO OSSIDATIVO; MUSCOLO ROSSO tipoI	RAPIDO OSSIDATIVO-GLICOLITICO; MUSCOLO ROSSO tipo IIA	RAPIDO GLICOLITICO MUSCOLO BIANCO tipo IIB
Velocità di sviluppo della tensione massima	Il più lento	Intermedio	Il più rapido
Attività ATPasica della miosina	Lenta	Rapida	Rapida
Diametro	Piccolo	Medio	Grande
Durata contrazione	La più lunga	Breve	Breve
Attività della Ca^{2+}-ATPasi nel RS	Moderata	Elevata	Elevata
Resistenza alla fatica	Resistente	Resistente	Facile affaticamento
Uso	Il più frequentemente impiegato: postura	Ortostatismo, deambulazione	Il meno usato: salto
Metabolismo	Ossidativo; aerobico;	Glicolitico, ma diventa più ossidativo con l'allenamento di resistenza	Glicolitico: più anaerobio rispetto al tipo rapido ossidativo-glicolitico
Densità dei capillari	Alta	Media	Bassa
Numero di mitocondri	Elevato	Moderato	Basso
Colore	Rosso scuro (mioglobina)	Rosso	Pallido

L'Unità Motoria: unita' contrattile fondamentale



GRADUAZIONE dei movimenti:
3-5 fibre -> movimenti fini
(mano, oculomotori)
2000 fibre -> movimenti grossolani
(polpaccio)

Tutte le fibre di una unita' motoria sono dello STESSO TIPO
Il motoneurone determina e mantiene le caratteristiche di quel tipo di fibra

FORZA E DURATA della contrazione dipendono dal NUMERO e TIPO di fibre reclutate

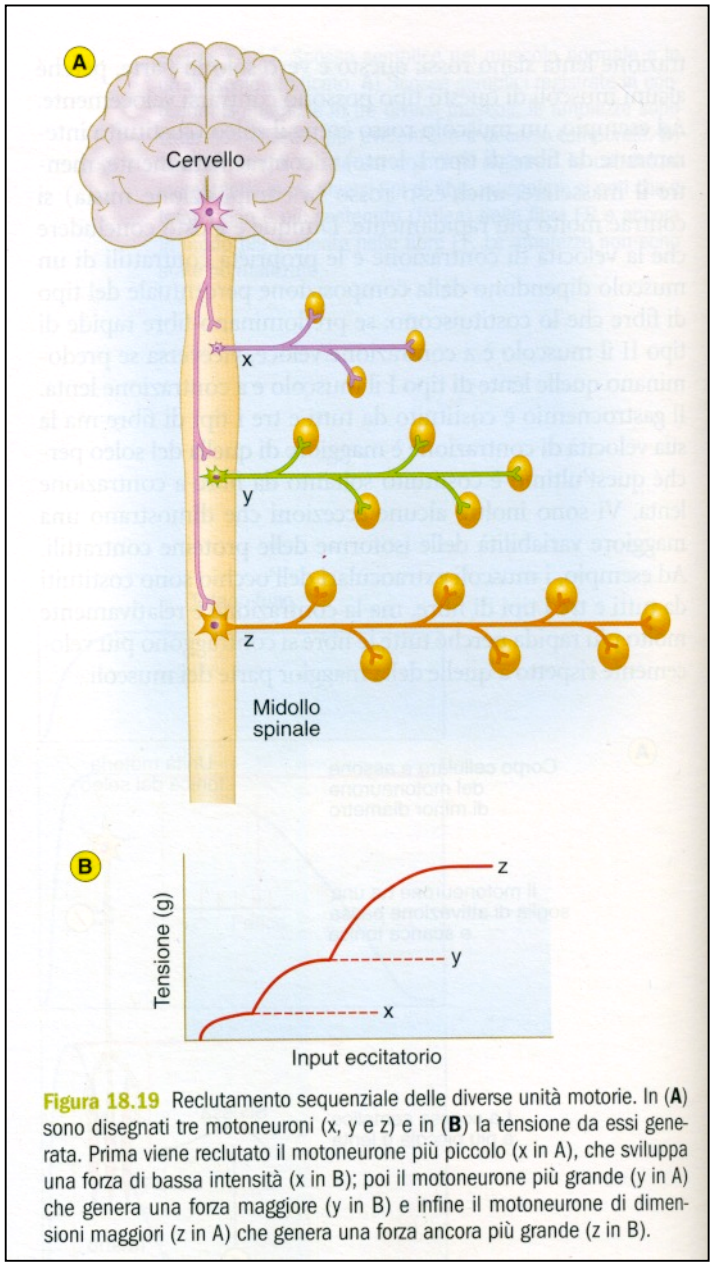


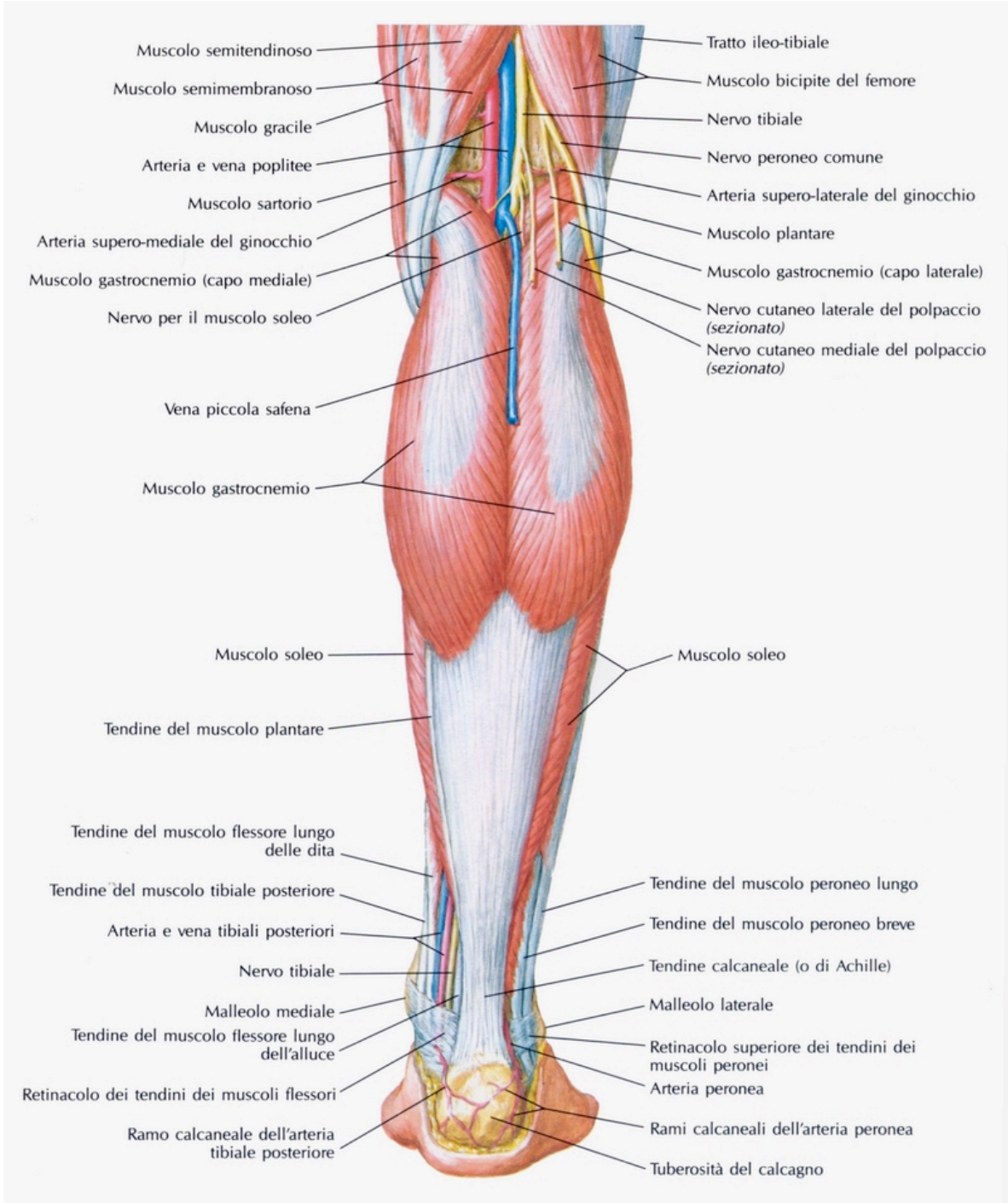
Figura 18.19 Reclutamento sequenziale delle diverse unità motorie. In (**A**) sono disegnati tre motoneuroni (x, y e z) e in (**B**) la tensione da essi generata. Prima viene reclutato il motoneurone più piccolo (x in A), che sviluppa una forza di bassa intensità (x in B); poi il motoneurone più grande (y in A) che genera una forza maggiore (y in B) e infine il motoneurone di dimensioni maggiori (z in A) che genera una forza ancora più grande (z in B).

Motoneurone X: corpo piccolo e assoni ridotti, soglia di attivazione più bassa, lenta propagaz. PA, fibre muscolari ossidative lente tipo I

Motoneurone Z: corpo più grande, soglia di attivazione più alta, innervano fibre muscolari glicolitiche a rapida velocità di contrazione, tipo IIB

Motoneurone Y: corpo dimensioni intermedie innervano le fibre di tipo IIA, rapido ossidativo-glicolitico

Nell'esecuzione di un movimento vengono prima attivate le unità motorie più piccole, man mano che aumenta los timolo eccitatorio vengono attivate le più grosse


Muscolo semitendinoso
Muscolo semimembranoso
Muscolo gracile
Arteria e vena poplitee
Muscolo sartorio
Arteria supero-mediale del ginocchio
Muscolo gastrocnemio (capo mediale)
Nervo per il muscolo soleo
Vena piccola safena
Muscolo gastrocnemio
Muscolo soleo
Tendine del muscolo plantare
Tendine del muscolo flessore lungo delle dita
Tendine del muscolo tibiale posteriore
Arteria e vena tibiali posteriori
Nervo tibiale
Malleolo mediale
Tendine del muscolo flessore lungo dell'alluce
Retinacolo dei tendini dei muscoli flessori
Ramo calcaneale dell'arteria tibiale posteriore
Tratto ileo-tibiale
Muscolo bicipite del femore
Nervo tibiale
Nervo peroneo comune
Arteria supero-laterale del ginocchio
Muscolo plantare
Muscolo gastrocnemio (capo laterale)
Nervo cutaneo laterale del polpaccio (sezionato)
Nervo cutaneo mediale del polpaccio (sezionato)
Muscolo soleo
Tendine del muscolo peroneo lungo
Tendine del muscolo peroneo breve
Tendine calcaneale (o di Achille)
Malleolo laterale
Retinacolo superiore dei tendini dei muscoli peronei
Arteria peronea
Rami calcaneali dell'arteria peronea
Tuberosità del calcagno

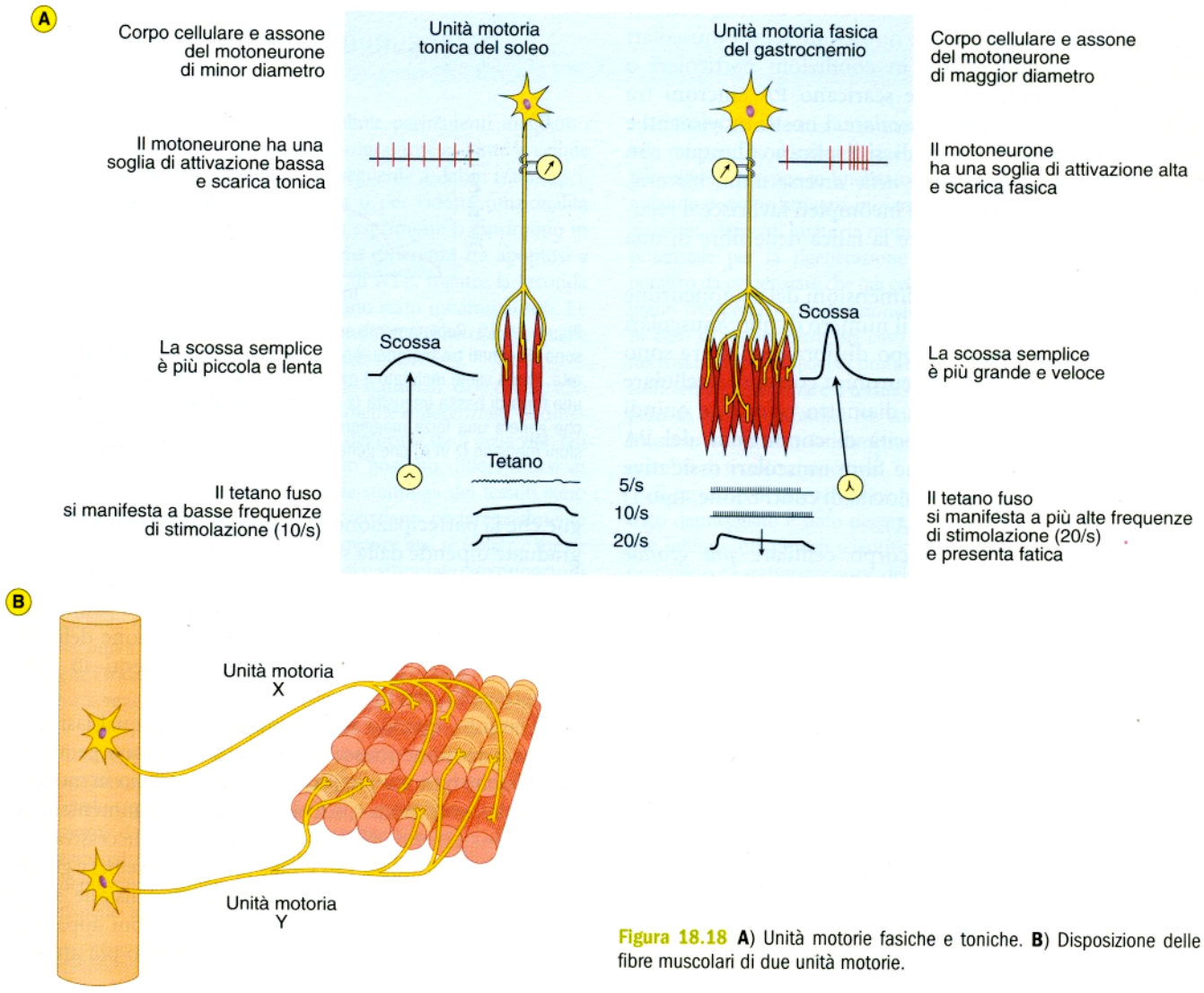


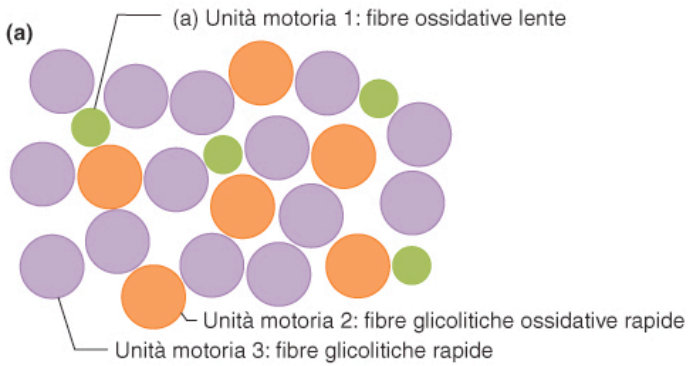
Figura 18.18 **A**) Unità motorie fasiche e toniche. **B**) Disposizione delle fibre muscolari di due unità motorie.

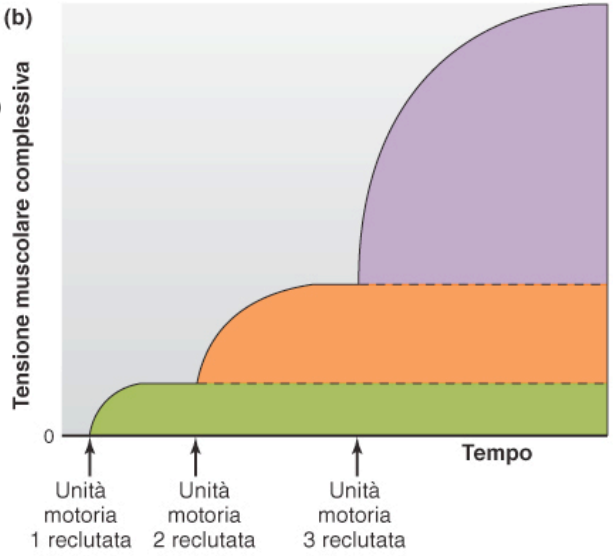
Reclutamento delle unita' motorie

Stimolo debole → motoneuroni a bassa soglia →Fibre lente Ox (forza minima)

Stimolo maggiore → mot. a soglia piu' alta→ Fibre veloci Ox (resistenti alla fatica)

Stimolo forte → motoneurono soglia alta → Fibre veloci glic. (forza >, resistenza <)



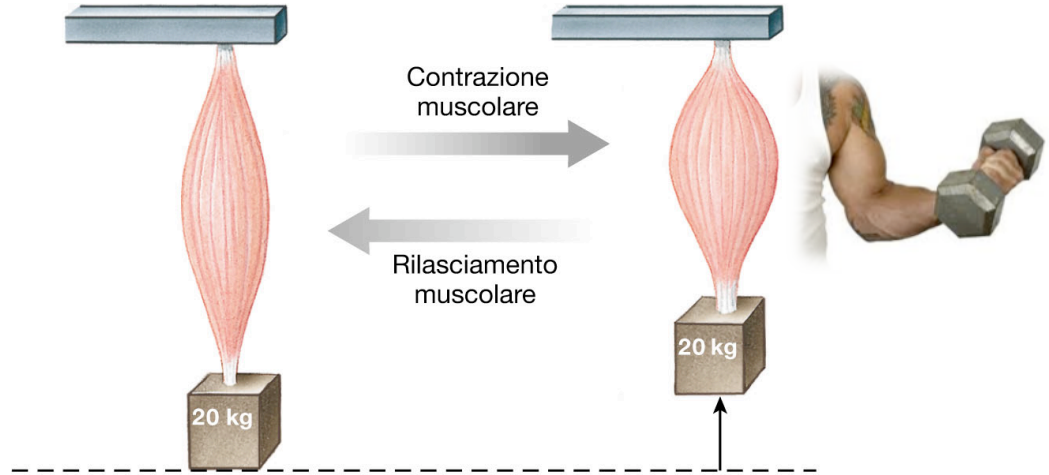


Reclutamento asincrono

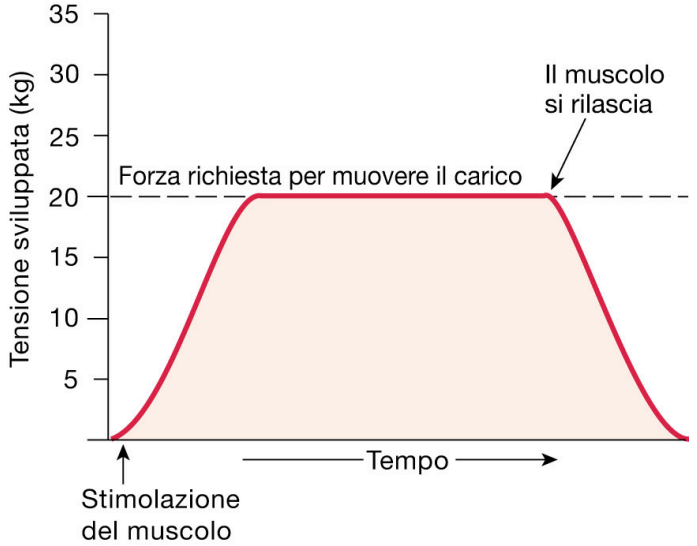
Previene l'affaticamento muscolare alternando le unita' motorie che vengono reclutate

Contrazioni isotoniche ed isometriche

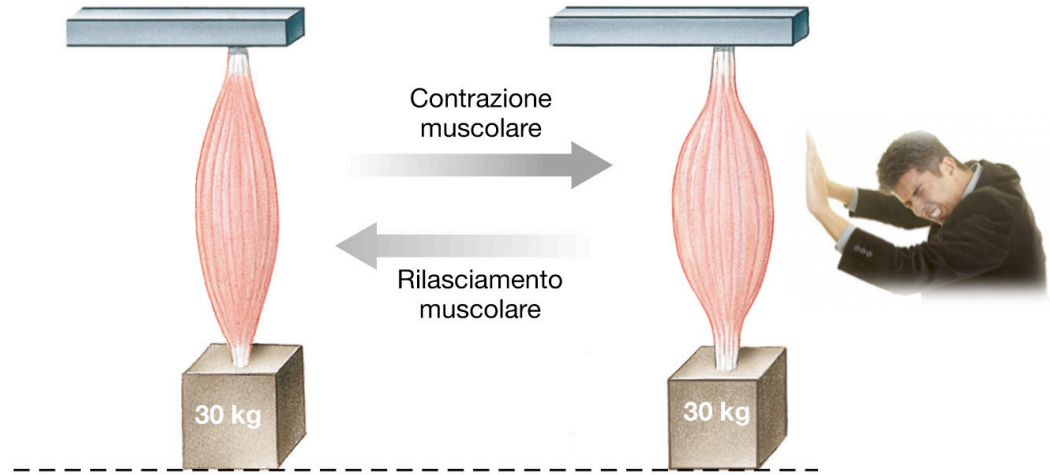
(a) Contrazione isotonica: il muscolo si contrae, si accorcia e genera una forza sufficiente a spostare il carico.



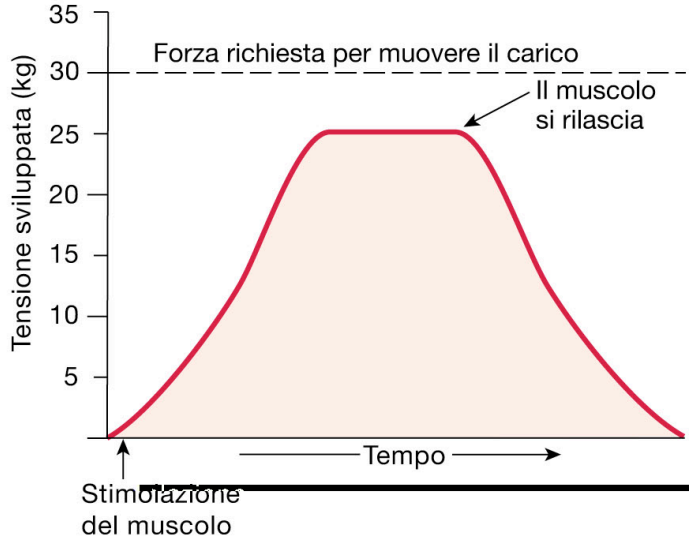
Genera forza e sposta un carico



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



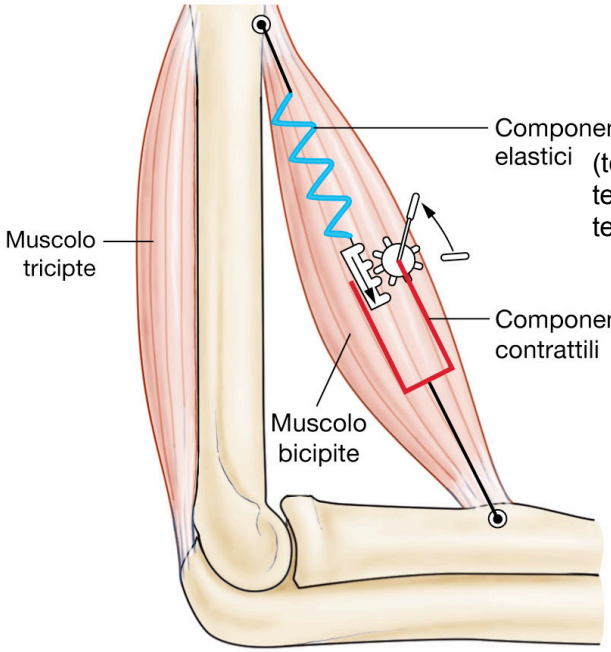
Genera forza ma non genera movimento

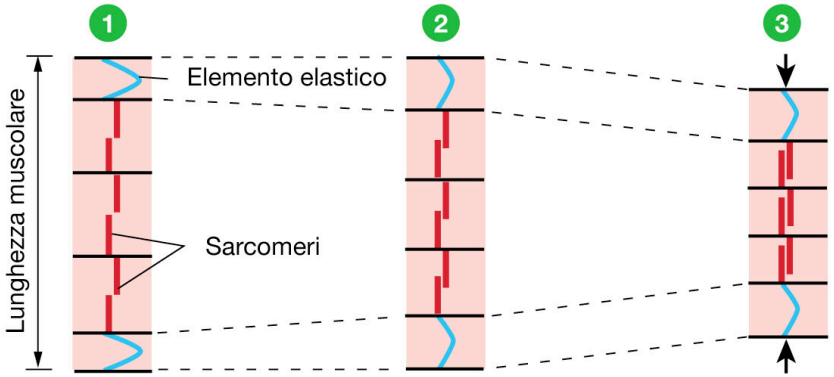


Come puo' una contrazione isometrica generare forza se la lunghezza del muscolo non varia ?



Schema degli elementi elastici in serie





1 Muscolo a riposo

2 Contrazione isometrica: il muscolo non si accorcia. I sarcomeri si accorciano, generando forza, mentre gli elementi elastici si allungano, consentendo alla lunghezza del muscolo di rimanere costante.

3 Contrazione isotonica: i sarcomeri si accorciano ulteriormente. Poiché gli elementi elastici sono già stirati, l'intero muscolo si accorcia.

Patologie muscolari



CRAMPO: contrazione prolungata e dolorosa del muscolo dovuta ad ipereccitabilità del motoneutone

MICROTRAUMI DA SOVRALLENAMENTO: danni alla fibra, guaina connettivale e giunzione muscolo-tendinea

ATROFIA DA DISUSO: assenza di stimolazione e ridotta irrorazione sanguigna (in genere reversibile)

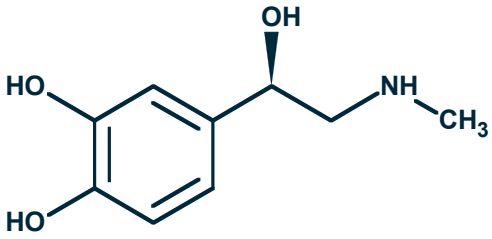
TOSSINE:

Botulinica: paralisi flaccida da minor rilascio di acetilcolina nella giunzione neuromuscolare

Tetanica: paralisi spastica per inibizione di un interneurone inibitorio e contrazione simultanea dei muscoli antagonisti

DISTROFIA MUSCOLARE DI DUCHENNE: assenza della proteina DISTROFINA con conseguente danneggiamento della fibra muscolare

Sostanze che incrementalo le prestazioni muscolari (il doping)

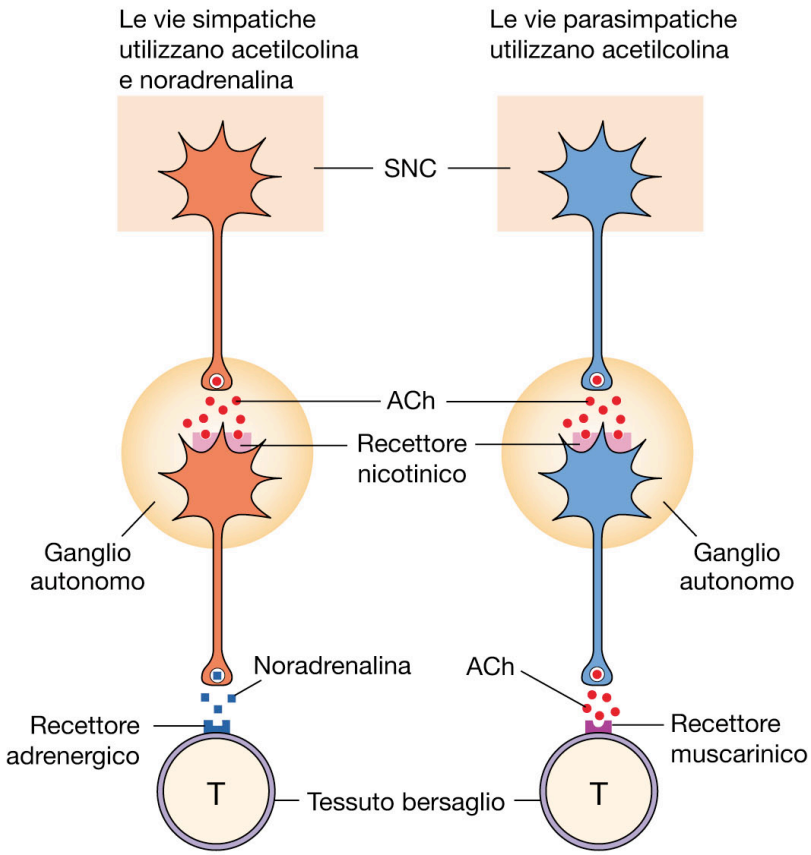


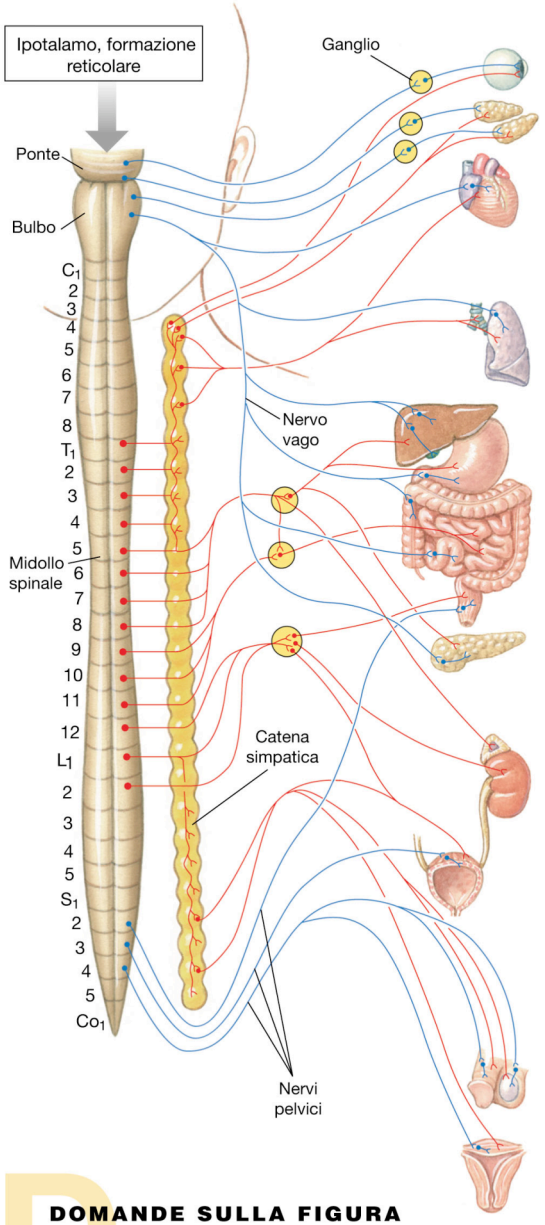
inducono gli effetti tipici dell'adrenalina
=
stimolazione del sistema simpatico***

STIMOLANTI
(L-dopa)

EFFETTI RICERCATI	EFFETTI COLLATERALI
•Aumento del ritmo e della forza cardiaca	•Secchezza della bocca
•Aumento della pressione sanguigna	•Tachicardia o bradicardia riflessa
•Dirottamento del sangue verso i muscoli scheletrici	•Ipertensione
•Dilatazione dei bronchi e delle pupille	•Ipertermia
•Aumento della glicemia e della lipolisi	•Ansia
•Aumento dell'attenzione e della reattività	•Perdita di coordinazione
•Aumento della tolleranza alla fatica	•Riduzione dell'appetito
•Possono avere effetti anabolizzanti	•Psicosi (per Amfetamine – Cocaina – Ecstasy)

*** Attacca e fuggi


Le vie simpatiche utilizzano acetilcolina e noradrenalina
Le vie parasimpatiche utilizzano acetilcolina
SNC
ACh
Recettore nicotinico
Ganglio autonomo
Ganglio autonomo
Noradrenalina
ACh
Recettore adrenergico
Recettore muscarinico
T
Tessuto bersaglio
T



Organo effettore	*Risposta parasimpatica**	*Risposta simpatica*	*Recettore adrenergico*
Pupilla	Costringe	Dilata	α
Ghiandole salivari	Secrezione acquosa	Muco, enzimi	α e β_2
Cuore	Rallenta la frequenza	Aumenta la frequenza e la forza di contrazione	β_1
Arteriole e vene	——	Costringe Dilata	α β_2
Polmoni	Bronco-costrizione	Bronco-dilatazione	β_2**
Tratto digestivo	Aumenta la motilità e la secrezione	Diminuisce la motilità e la secrezione	α, β_2
Pancreas esocrino	Aumenta la secrezione enzimatica	Diminuisce la secrezione enzimatica	α
Pancreas endocrino	Stimola la secrezione di insulina	Inibisce la secrezione di insulina	α
Midollare del surrene	——	Secrezione delle catecolamine	—
Rene	——	Aumenta la secrezione di renina	β_1
Vescica urinaria	Minzione	Inibisce la minzione	α, β_2
Tessuto adiposo	——	Lipolisi	β
Ghiandole sudoripare	——	Sudorazione localizzata	α
Organi sessuali maschili e femminili	Erezione	Eiaculazione	α
Utero	Dipende dallo stadio del ciclo	Dipende dallo stadio del ciclo	α, β_2
Tessuto linfatico (non illustrato)	——	In genere inibitorio	α, β_2

*Tutte le risposte parasimpatiche sono mediate da recettori muscarinici.

**Solo l'ormone adrenalina.

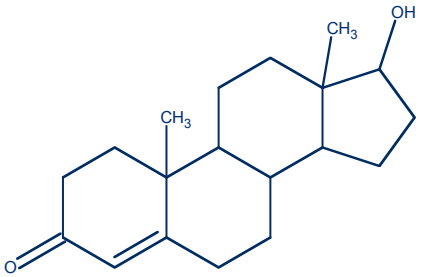
LEGENDA

Parasimpatico

Simpatico

DOMANDE SULLA FIGURA

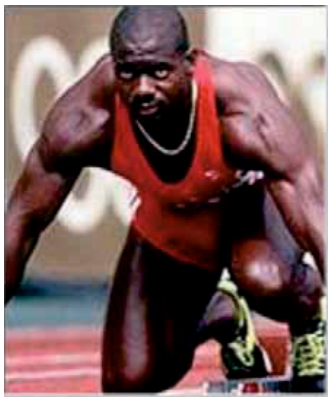
1. Individuate le parti del SNC da cui originano le due divisioni.
2. Descrivete dove sono localizzati i gangli simpatici e parasimpatici (in relazione alla colonna vertebrale).
3. Qual è il vantaggio di avere i gangli simpatici collegati in una catena?



STEROIDI ANABOLIZZANTI

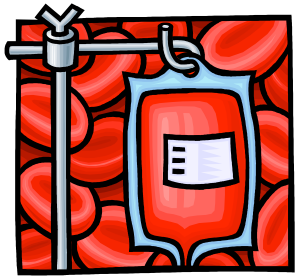
Sono sostanze che derivano dal testosterone ed accelerano i fenomeni d'insieme di sintesi delle proteine, dei carboidrati e dei lipidi.

EFFETTI RICERCATI	EFFETTI COLLATERALI
•Aumentano la massa muscolare •Aumentano la capacità di recupero •Aumentano forza, resistenza e potenza •Migliora la capacità di recupero	•Effetti virilizzanti •Ritenzioni di elettroliti con edemi •Disfunzioni epatiche, renali e cardiovascolari •Rottura dei tendini •Disturbi mentali ed effetti sul comportamento** •Effetti cancerogenici??



EFFETTI COLLATERALI UOMINI	EFFETTI COLLATERALI DONNE
•riduzione della produzione di testosterone •riduzione della produzione di sperma •sterilità •impotenza •aumentato rischio di carcinoma prostatico •perdita dei capelli – crescita del seno	•irregolarità del ciclo mestruale •riduzione dei seni •ingrossamento delle corde vocali (voce roca) •irsutismo e calvizie •cute grassa e acne

ERITROPOIETINA (EPO)



E' l'ormone che stimola la produzione di globuli rossi (al posto della trasfusione).

EFFETTI RICERCATI	EFFETTI COLLATERALI
•Stimolazione della produzione di globuli rossi •Stimola la produzione di nuovi capillari *Complessivo aumento della capacità di trasportare l'ossigeno*	•aumento della densità del sangue •alterazioni della coagulazione •ipertensione •mialgie e cefalee •encefalopatia ipertensiva •rischio di trombosi (embolie, ictus, infarti)

Si ovvia con l'allenamento ad alta quota

rh-GH
ORMONE DELLA CRESCITA (e relativi fattori di rilascio e mediatori)

EFFETTI RICERCATI	EFFETTI COLLATERALI
•Aumenta la lipolisi •Aumenta la sintesi proteica •Aumenta la disponibilità degli zuccheri	•Gigantismo •Acromegalia •Disturbi articolari •Ipertensione •Effetto diabetogeno •Crescita di neoplasie maligne (melanomi)

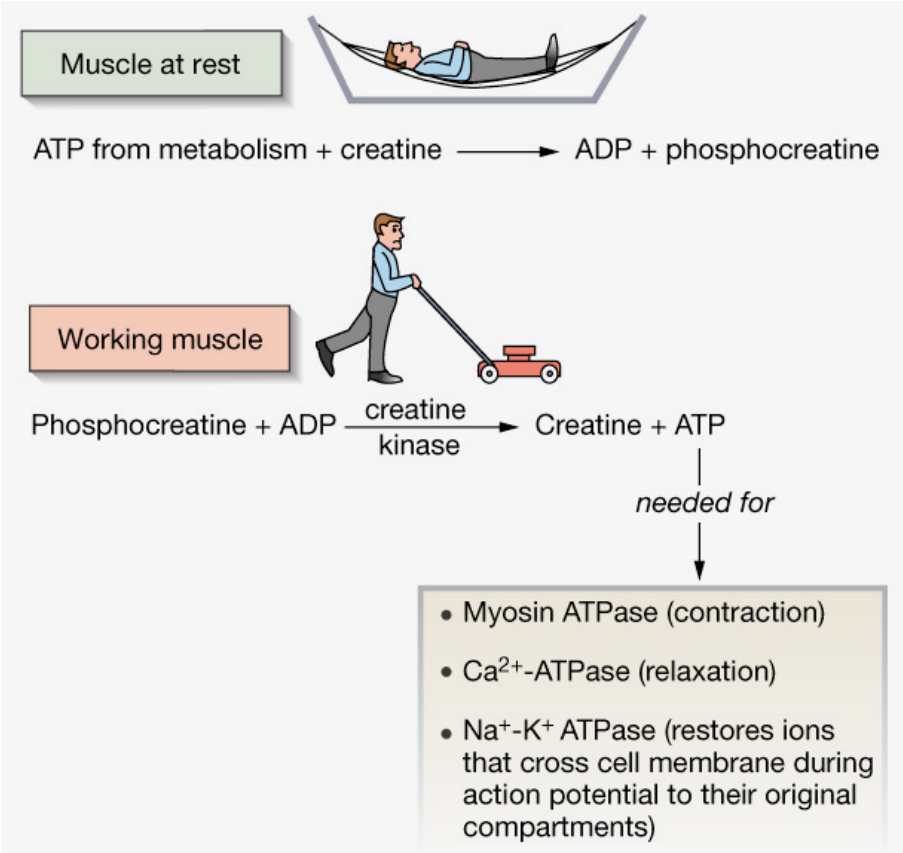
CREATINA

INTEGRATORI ALIMENTARI

Si trova principalmente nella carne (circa mezzo grammo per ogni etto)

Il fegato ne produce circa 1 g al giorno

Il fabbisogno giornaliero è di circa 2 g e non esiste nessuna prova che la creatina sia "consumata" di più da chi fa sport



Guarda biofisiologia1

La creatina viene usata nelle discipline sportive che richiedono scatti brevi, ma intensi e ripetuti pensando che possa aumentare la resistenza allo sforzo

In realtà, l'assunzione di creatina in più non ha effetto. Essa può aumentare le riserve muscolari solo se queste sono molto scarse (vegetariani)

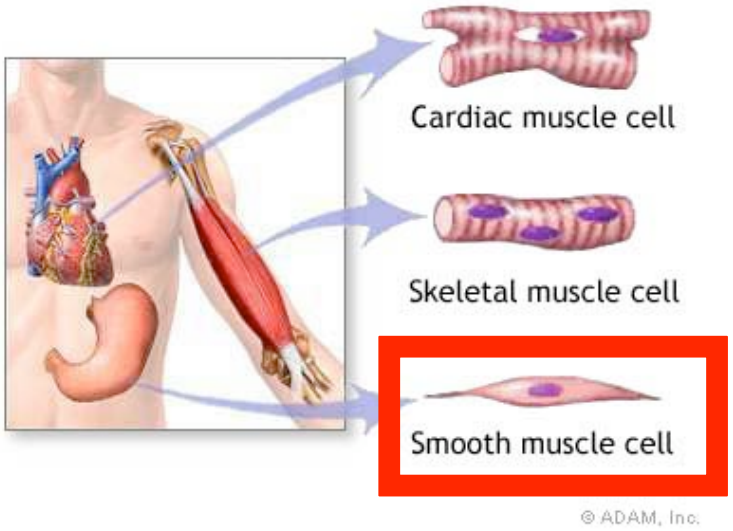
La creatina non è inclusa fra le sostanze proibite, ma la legge ha fissato dei limiti per l'assunzione (3 g al giorno)

IL MUSCOLO LISCIO

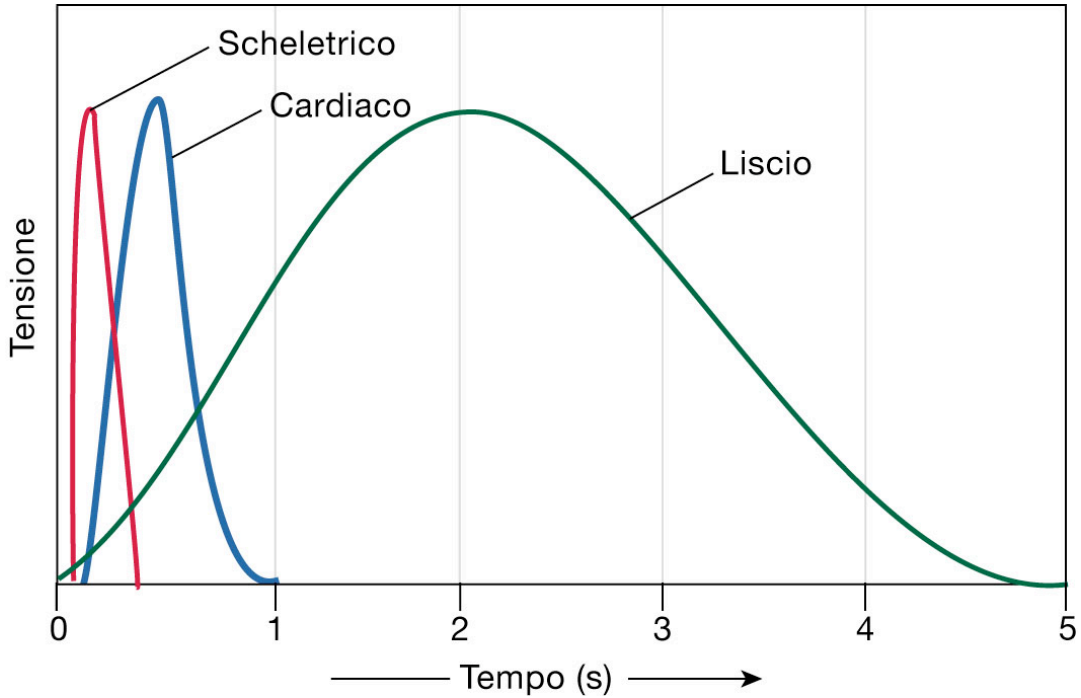
Importante per mantenere L'OMEOSTASI

Nella parete degli organi cavi

La contrazione determina lo spostamento del contenuto



Il muscolo liscio



1. Contrazione e rilasciamento più lenti
2. Bassa velocità di consumo O_2
3. Non si affatica
   esempio: sfinteri

Tipi di muscolo liscio

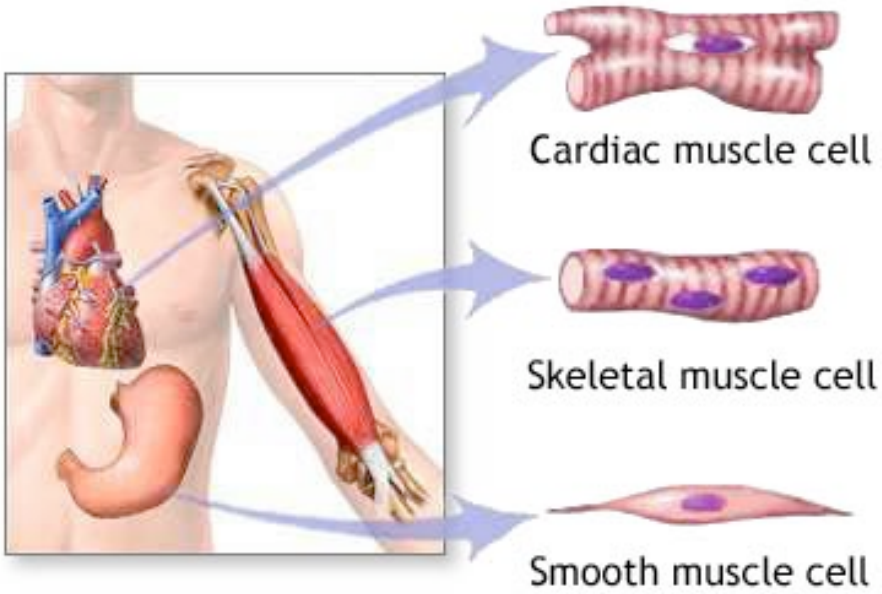
1. Vascolare
2. Gastrointestinale
3. Urinario
4. Respiratorio
5. Riproduttivo
6. Oculare

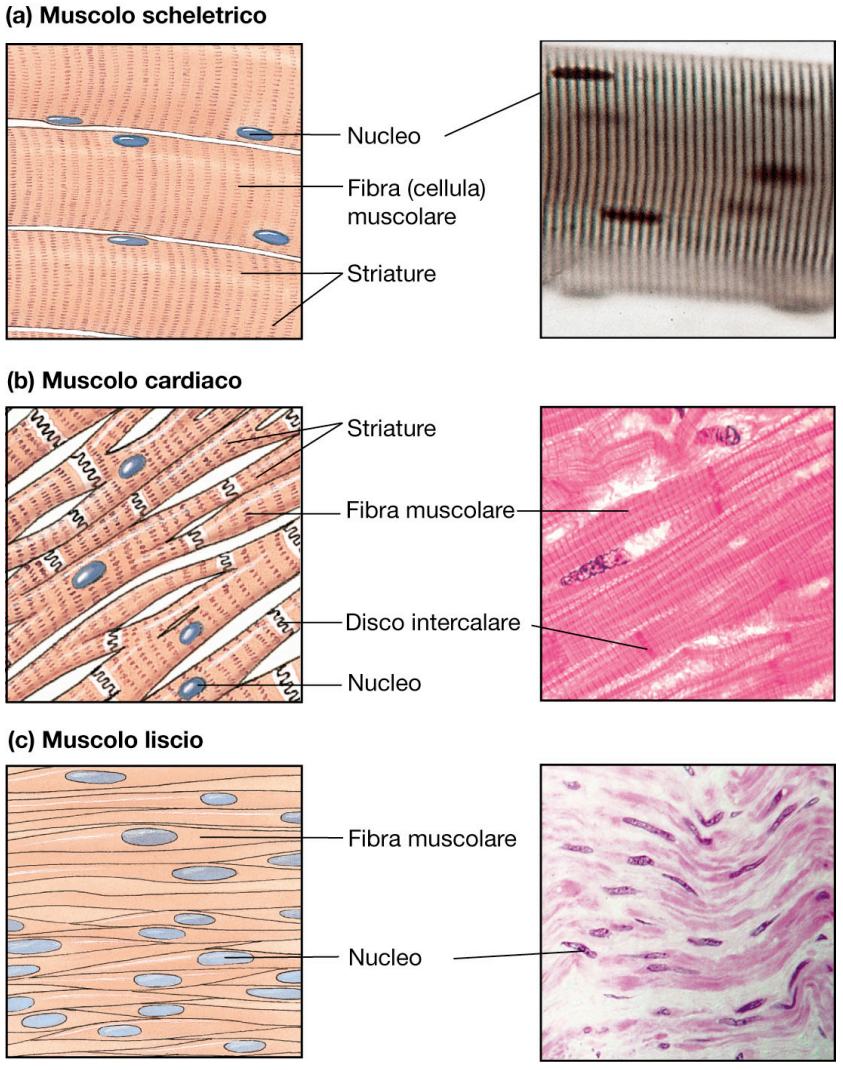
Il muscolo liscio è molto eterogeneo e viene classificato in base alla loro specializzazione

La contrazione del muscolo liscio è controllata da diversi neurotrasmettitori e ormoni (quello scheletrico solo acetil-colina)

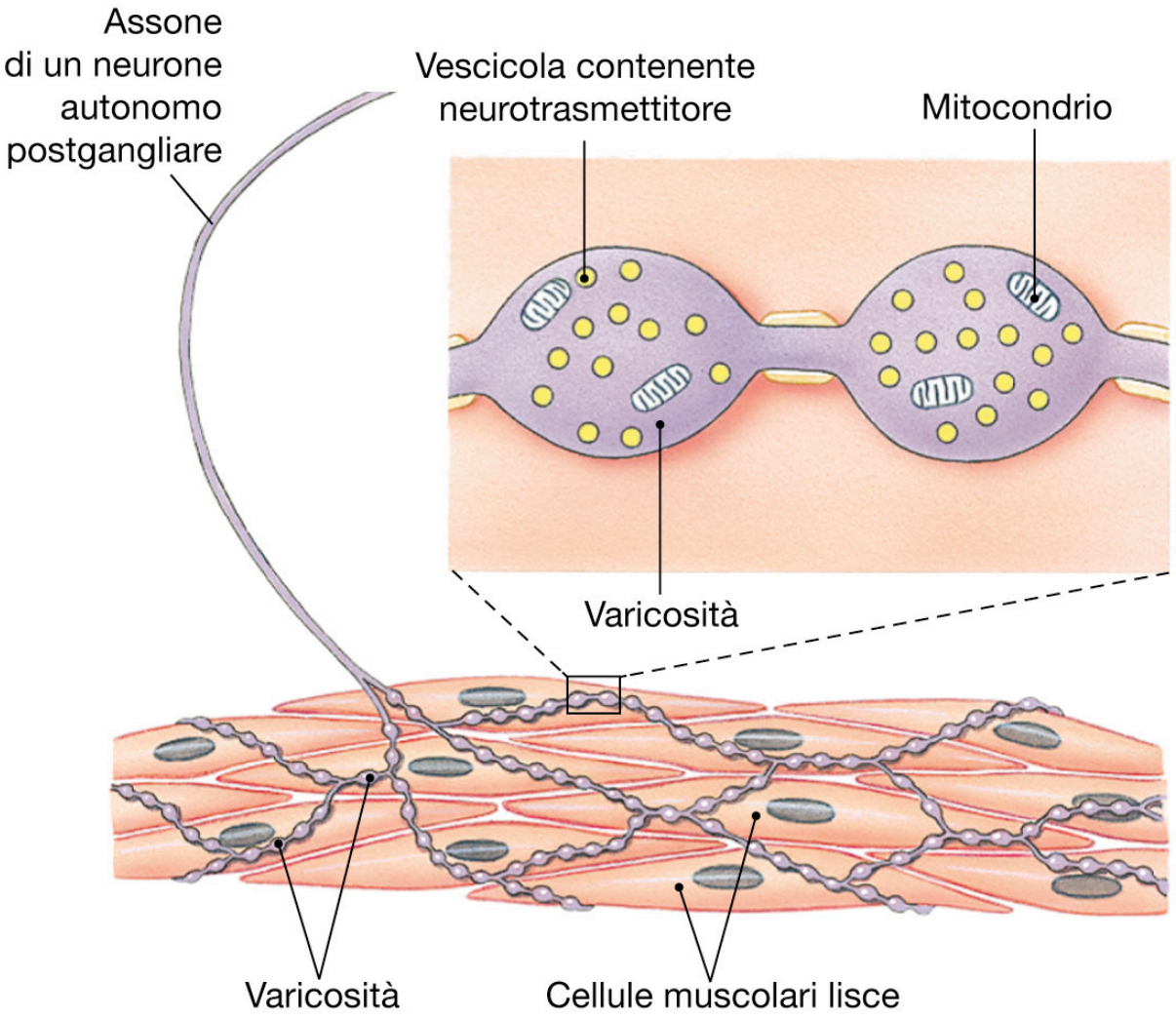
Le cellule muscolari lisce sono più piccole delle scheletriche ed hanno prevalentemente una contrazione sincrona (muscolo liscio unitario) grazie alla sinapsi elettriche

Tipi di Muscolo



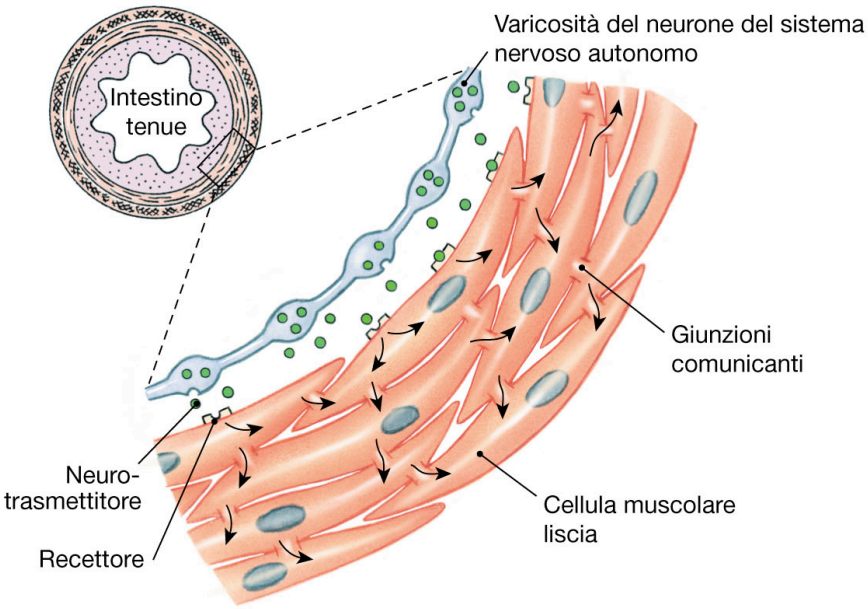


Giunzione Neuroeffettrice

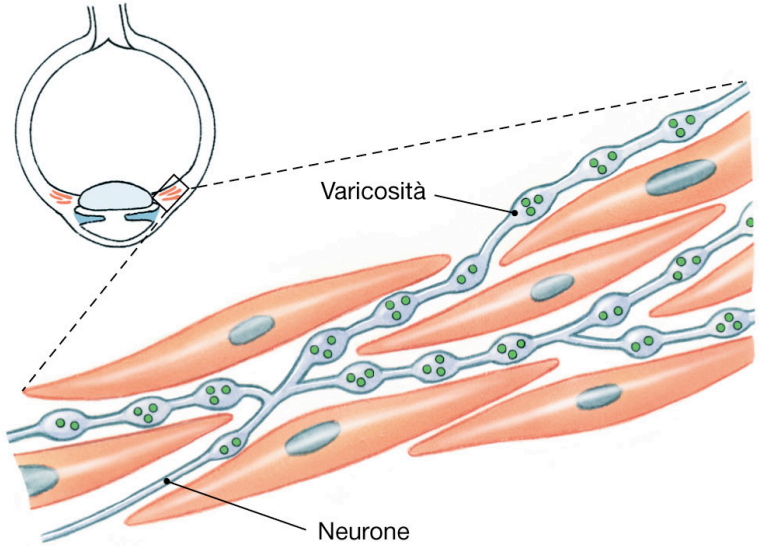


Contrazione nel muscolo liscio

(a) Le **cellule del muscolo liscio unitario** sono connesse da giunzioni comunicanti e si contraggono come una singola entità.



(b) Le **cellule del muscolo liscio multi-unitario** non sono accoppiate elettricamente e devono essere stimolate in modo indipendente.



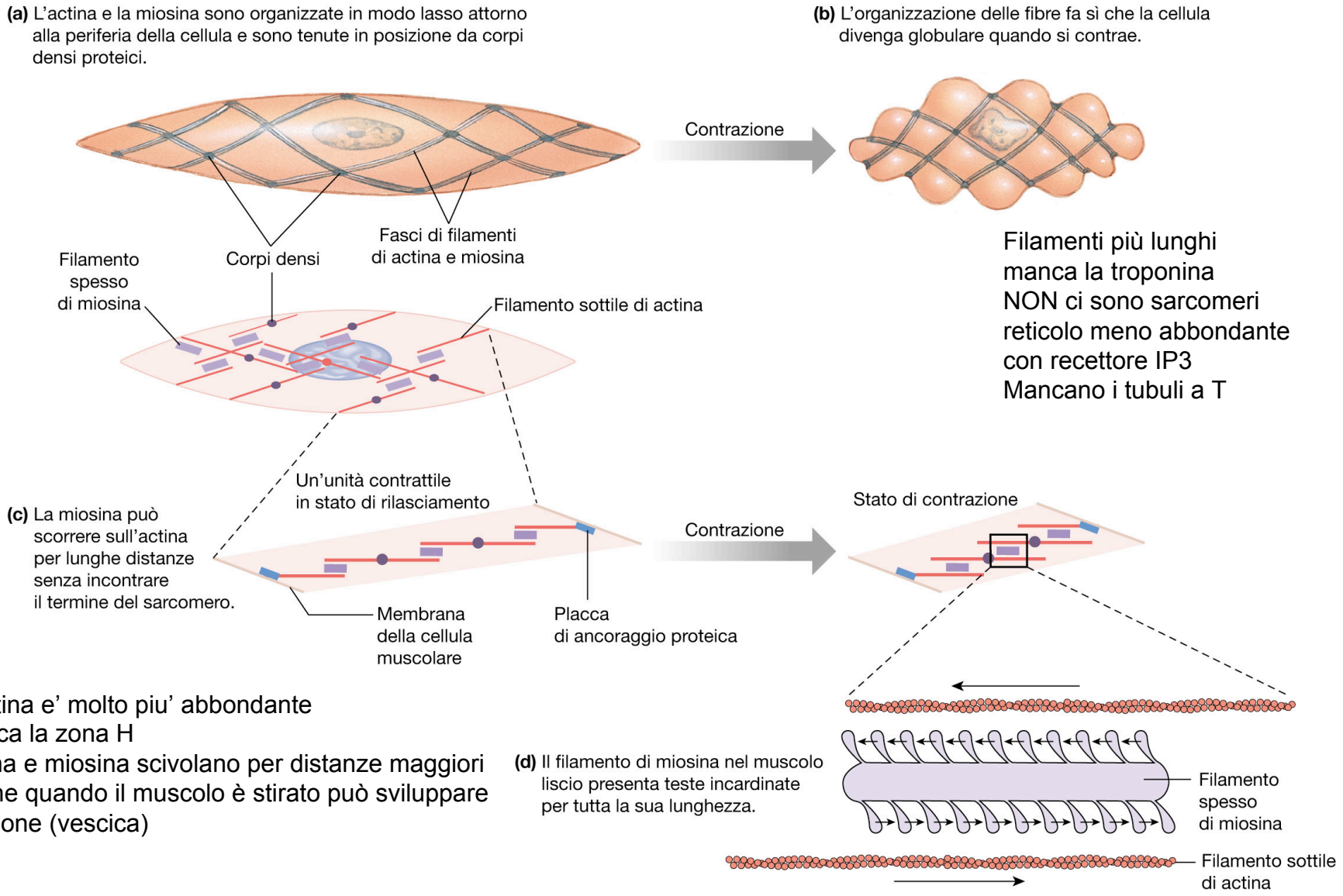
UNITARIO (o viscerale)

Vasi
Tratto gastrointestinale
Utero (durante il parto)

MULTI-UNITARIO

Iride
Corpo ciliare
Tratto genitale maschile
Utero (lontano dal parto)

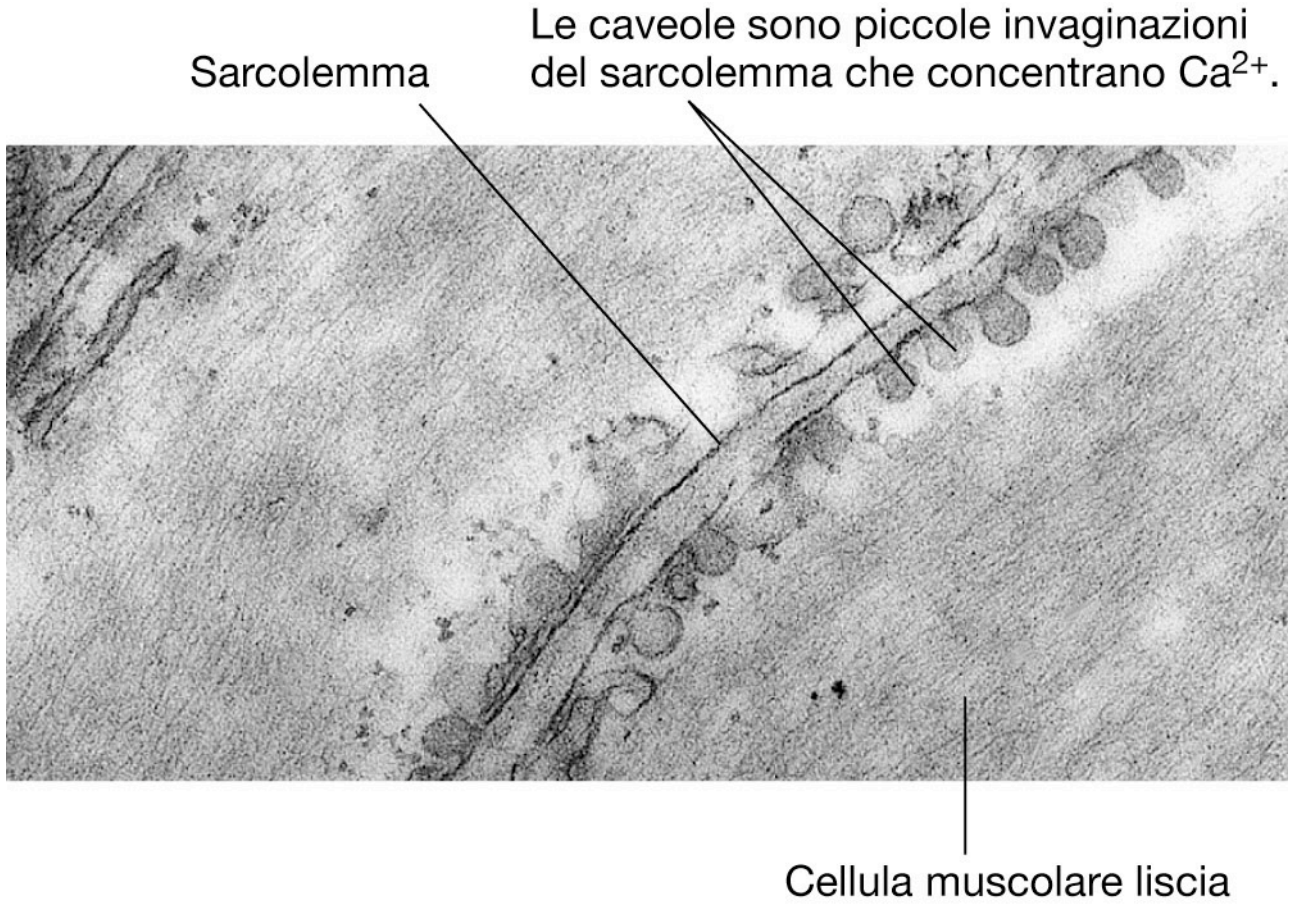
Organizzazione delle fibre contrattili nel muscolo liscio



Filamenti più lunghi
manca la troponina
NON ci sono sarcomeri
reticolo meno abbondante
con recettore IP3
Mancano i tubuli a T

L'actina e' molto piu' abbondante
Manca la zona H
Actina e miosina scivolano per distanze maggiori
Anche quando il muscolo è stirato può sviluppare tensione (vescica)

Le caveole fungono da riserva di Ca++ e cooperano con il reticolo sarcoplasmatico



- Il pda del muscolo liscio, a differenza di quello dello scheletrico, è Ca^{2+} dipendente.
- Il Ca^{2+} che entra nella cellula, durante il pda innesca la contrazione.
- La contrazione del muscolo liscio può essere determinata anche da altri stimoli che determinano l'apertura dei canali per il Ca^{2+}:
  - Neurotrasmettitori sistema nervoso autonomo [simpatico (*noradrenalina*) e parasimpatico (*acetilcolina*)]
  - Ormoni
  - Segnali paracrini
  - Stiramento muscolare

La contrazione del muscolo liscio può essere anche inibita da diversi segnali chimici.

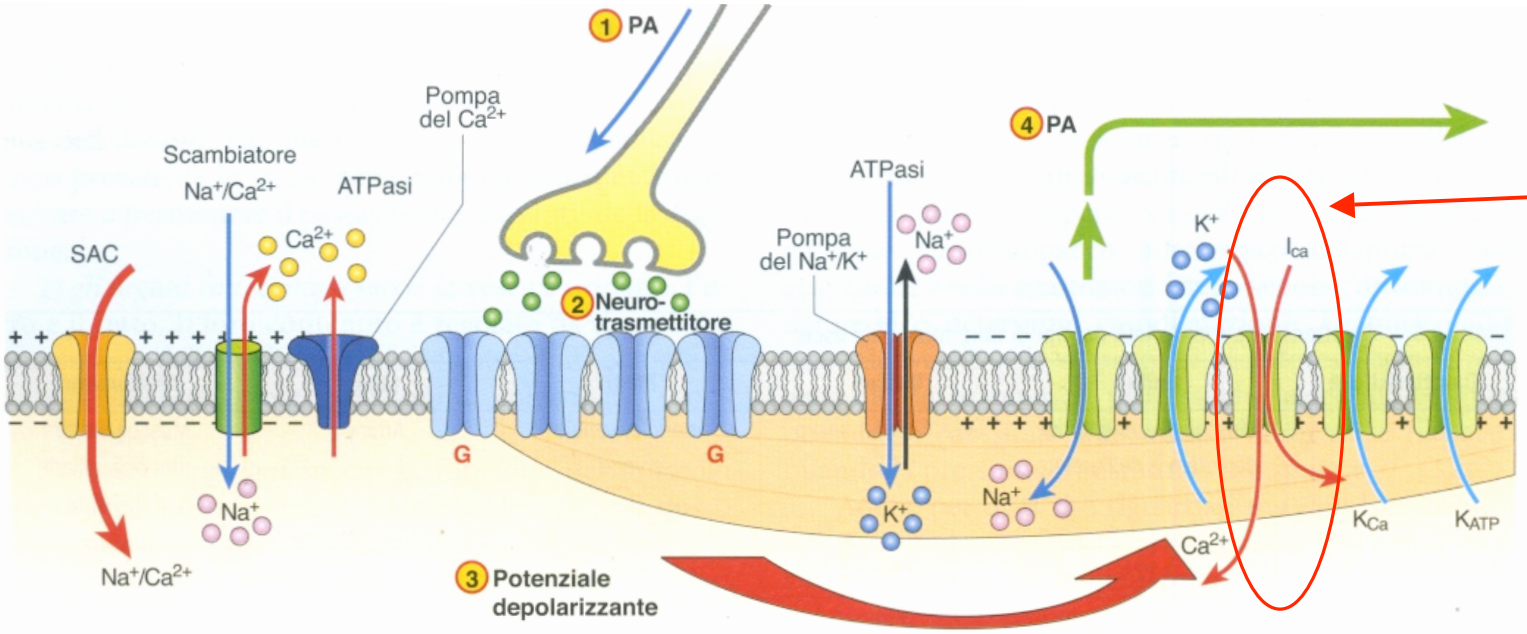


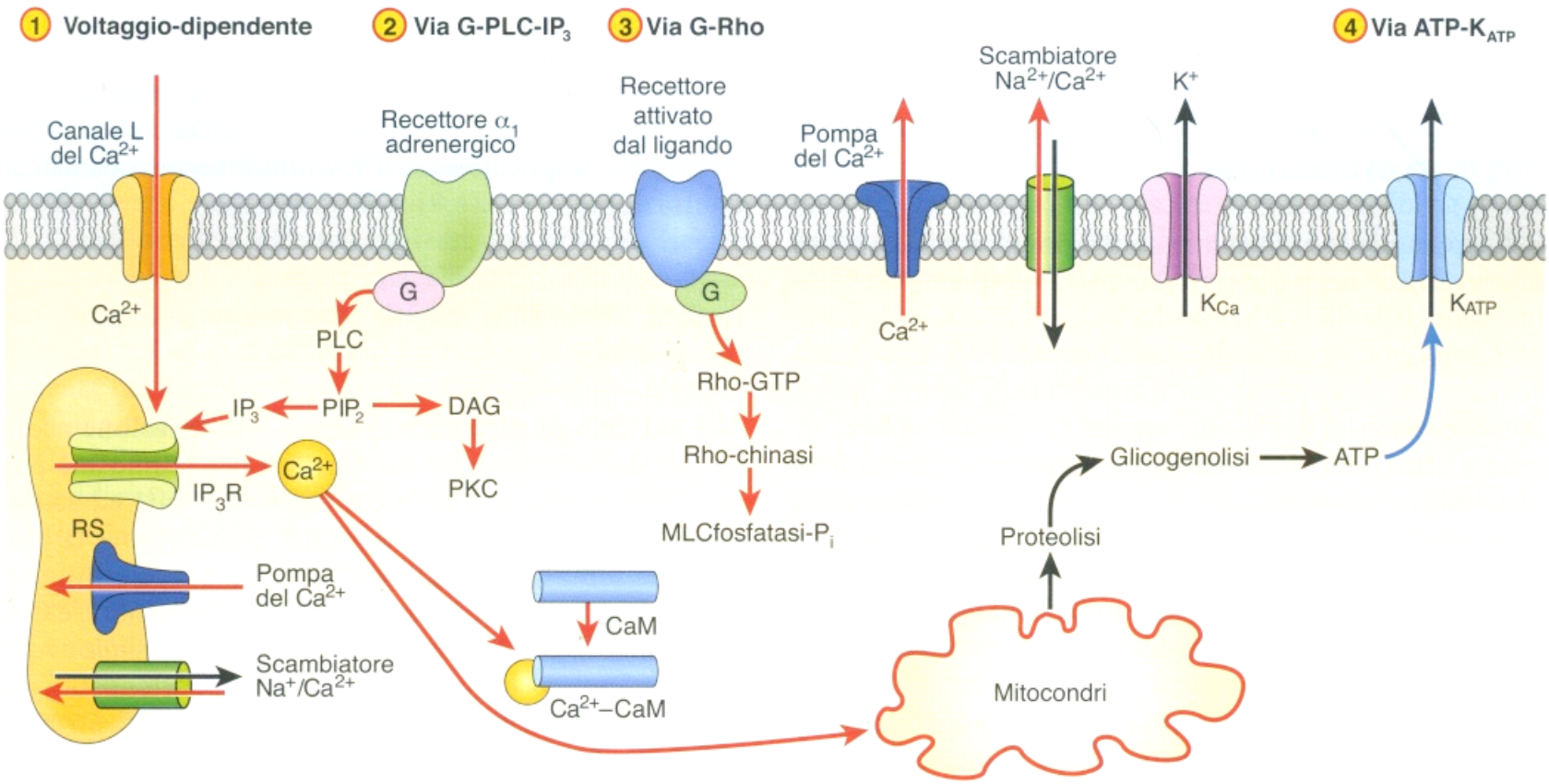
Figura 19.2 Proteine del sarcolemma in una fibra muscolare liscia con prevalente controllo nervoso. Il PA di un neurone (1) che libera un neurotrasmettitore eccitatorio (2) attiva un recettore metabotropo (azzurro) che a sua volta attiva delle proteine G. L'attivazione delle proteine G genera un potenziale depolarizzante (3), lento, capace di raggiungere la soglia di attivazione dei canali ionici voltaggio-dipendenti del Na^+, K^+ e Ca^{2+} (di tipo L), si genera un PA (4) che è condotto lungo il sarcolemma. La fibra è eccitata. Il Ca^{2+} che entra nella fibra inizia il processo di eccitazione-contrazione. Questo è modificato dall'attivazione dei canali K_{ATP} che ripolarizzano la membrana. Un aumento della tensione del sarcolemma attiva i SAC (canali sensibili allo stiramento), l'entrata degli ioni Na^+ e Ca^{2+} incrementa la depolarizzazione mentre l'aumento della concentrazione del Ca^{2+} esalta lo stato contrattile. Pompe e scambiatori riportano le concentrazioni ioniche nella condizione di riposo.

simpatico

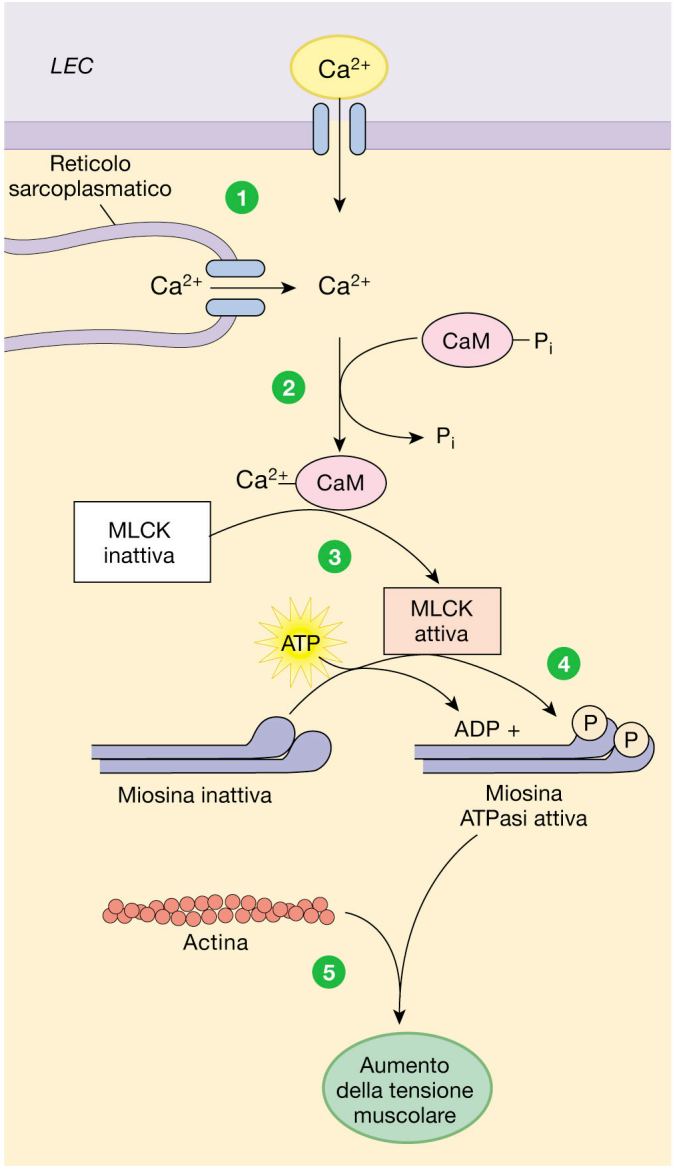
Recettori α_2 e β_2
Iperpolarizzazione e rilassamento

parasimpatico

Recettori muscarinici Ach
via IP3, contrazione

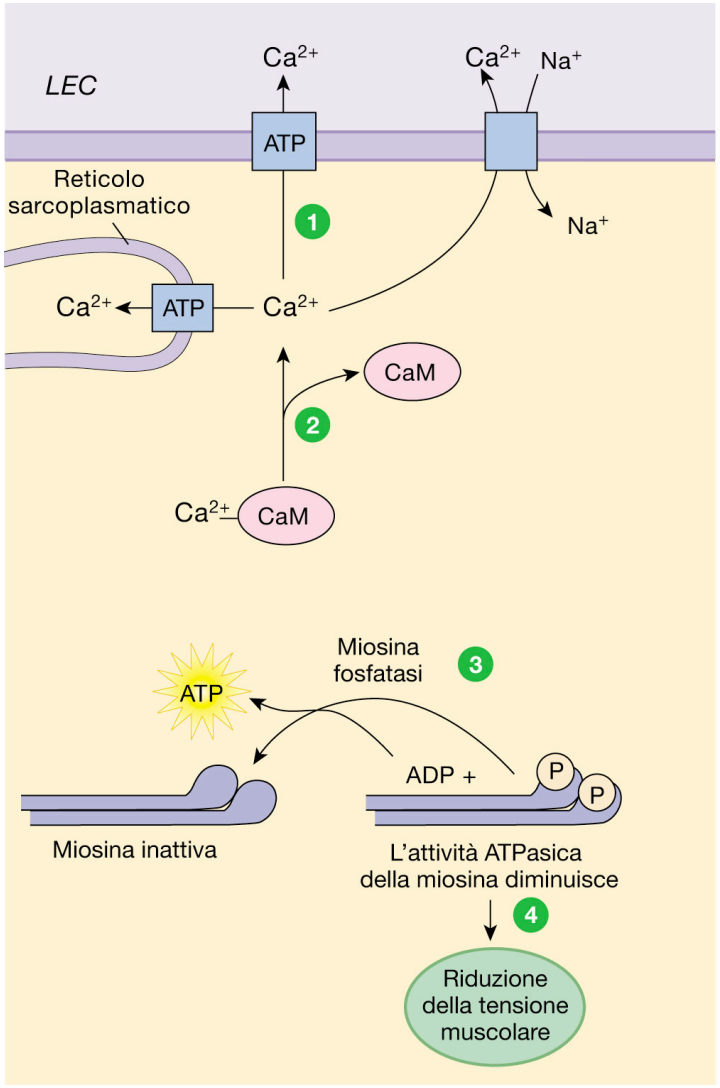


Contrazione del muscolo liscio (ruolo della fosforilazione)



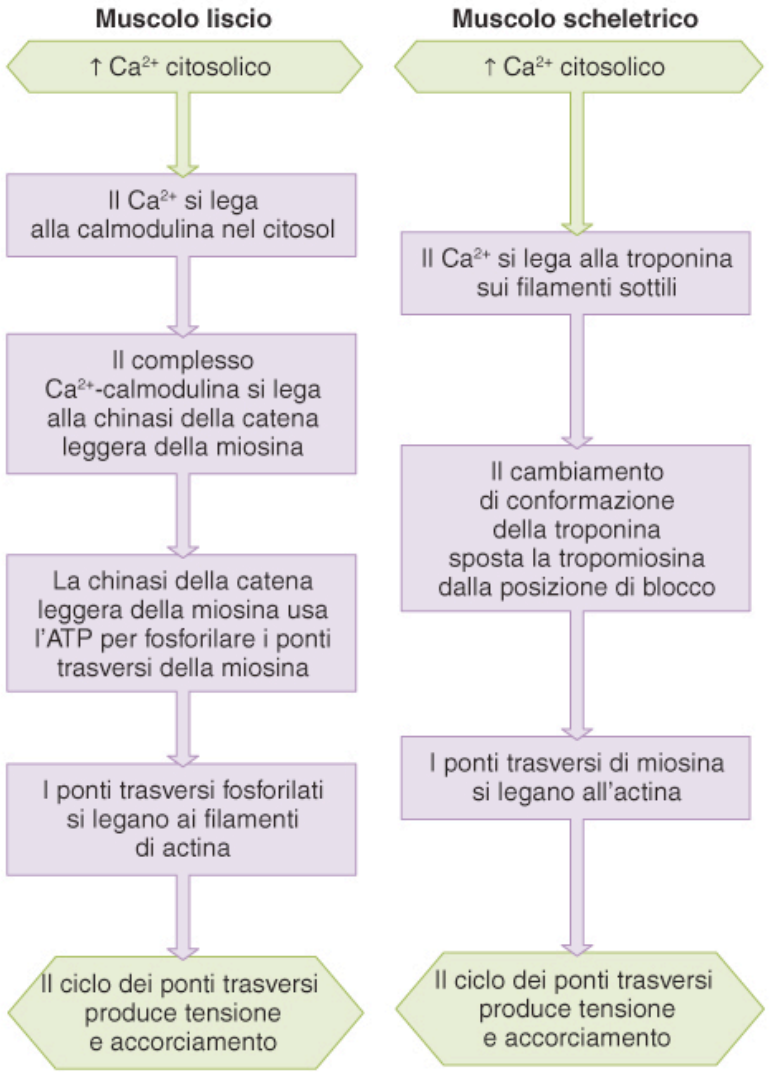
1. La concentrazione intracellulare di Ca^{2+} aumenta quando il Ca^{2+} entra nella cellula o viene rilasciato dal reticolo sarcoplasmatico.
2. Il Ca^{2+} si lega alla calmodulina (CaM).
3. Il complesso Ca^{2+}-calmodulina attiva la chinasi della catena leggera della miosina (MLCK).
4. La MLCK fosforila le catene leggere sulla testa della miosina, aumentando l'attività ATPasica della miosina.
5. I ponti trasversali attivati della miosina scorrono sull'actina e generano la tensione muscolare.

Rilasciamento del muscolo liscio

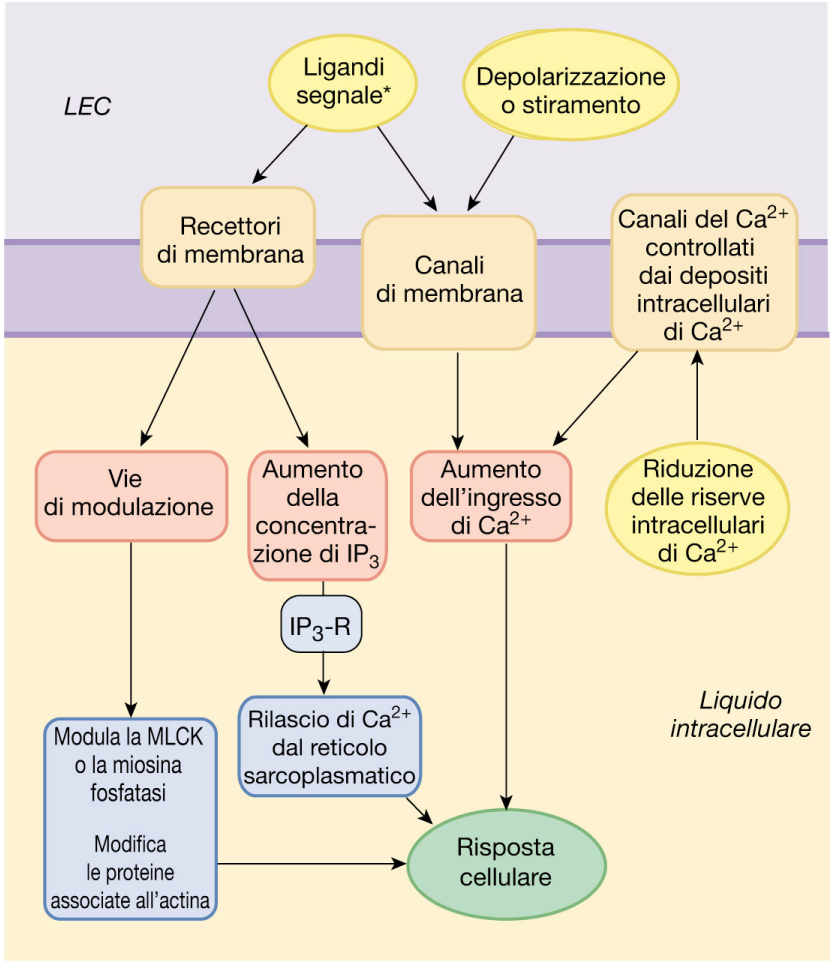


1. Il Ca^{2+} libero nel citosol decresce a opera del trasporto attivo dello ione nel liquido extracellulare o nel reticolo sarcoplasmatico.
2. Il Ca^{2+} si stacca dalla calmodulina (CaM).
3. La miosina fosfatasi rimuove il fosfato dalla miosina, riducendone l'attività ATPasica.
4. La riduzione dell'attività ATPasica della miosina determina la diminuzione della tensione muscolare.

Differenze con il muscolo SCHELETRICO



Controllo della contrazione nel muscolo liscio



LEGENDA

IP_3-R = canale-recettore attivato dall'IP_3.

* I ligandi includono la noradrenalina, l'ACh, altri neurotrasmettitori, ormoni e segnali paracrini.

Stiramento → Contrazione MIOGENA (vasi)

Adattamento → Vescica urinaria

TABELLA 12-3 Confronto tra i tre tipi di muscolo

	SCHELETRICO	LISCIO	CARDIACO
Aspetto al microscopio elettronico	Striato	Liscio	Striato
Disposizione delle fibre	Sarcomeri	Fasci obliqui	Sarcomeri
Proteine delle fibre	Actina; miosina; troponina e tropomiosina	Actina; miosina e tropomiosina	Actina, miosina; troponina e tropomiosina
Controllo	• Volontario • Ca^{2+} e troponina • Fibre indipendenti le une dalle altre	• Involontario • Ca^{2+} e calmodulina • Fibre accoppiate elettricamente tramite giunzioni comunicanti	• Involontario • Ca^{2+} e troponina • Fibre accoppiate elettricamente tramite giunzioni comunicanti
Controllo nervoso	Motoneurone somatico	Neuroni del sistema nervoso autonomo	Neuroni del sistema nervoso autonomo
Controllo ormonale	Nessuna	Vari ormoni	Adrenalina
Sede	Ancorati alle ossa; alcuni sfinteri che chiudono gli organi cavi	Forma le pareti degli organi cavi; alcuni sfinteri	Cuore
Morfologia	Grandi fibre cilindriche multinucleate	Piccole fibre mononucleate di forma fusata	Corte fibre mononucleate e ramificate
Struttura interna	Tubuli T e reticolo sarcoplasmatico	Mancano i tubuli T; reticolo sarcoplasmatico ridotto o assente	Tubulo T e reticolo sarcoplasmatico
Velocità di contrazione	La più veloce	La più lenta	Intermedia
Forza di contrazione della scossa di una singola fibra	Tutto-o-nulla	Graduata	Graduata
Inizio della contrazione	Richiede un segnale dai motoneuroni	Può essere autoritmico	Autoritmico

TABELLA 12-2 Caratteristiche dei tipi di fibre muscolari

	LENTO OSSIDATIVO; MUSCOLO ROSSO	RAPIDO OSSIDATIVO-GLICOLITICO; MUSCOLO ROSSO	RAPIDO GLICOLITICO MUSCOLO BIANCO
Velocità di sviluppo della tensione massima	Il più lento	Intermedio	Il più rapido
Attività ATPasica della miosina	Lenta	Rapida	Rapida
Diametro	Piccolo	Medio	Grande
Durata contrazione	La più lunga	Breve	Breve
Attività della Ca^{2+}-ATPasi nel RS	Moderata	Elevata	Elevata
Resistenza alla fatica	Resistente	Resistente	Facile affaticamento
Uso	Il più frequentemente impiegato: postura	Ortostatismo, deambulazione	Il meno usato: salto
Metabolismo	Ossidativo; aerobico;	Glicolitico, ma diventa più ossidativo con l'allenamento di resistenza	Glicolitico: più anaerobio rispetto al tipo rapido ossidativo-glicolitico
Densità dei capillari	Alta	Media	Bassa
Numero di mitocondri	Elevato	Moderato	Basso
Colore	Rosso scuro (mioglobina)	Rosso	Pallido