

Il download del materiale implica l'accettazione del divieto di estrazione delle immagini e la diffusione esterna del materiale e di condivisione con terzi non iscritti al corso.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

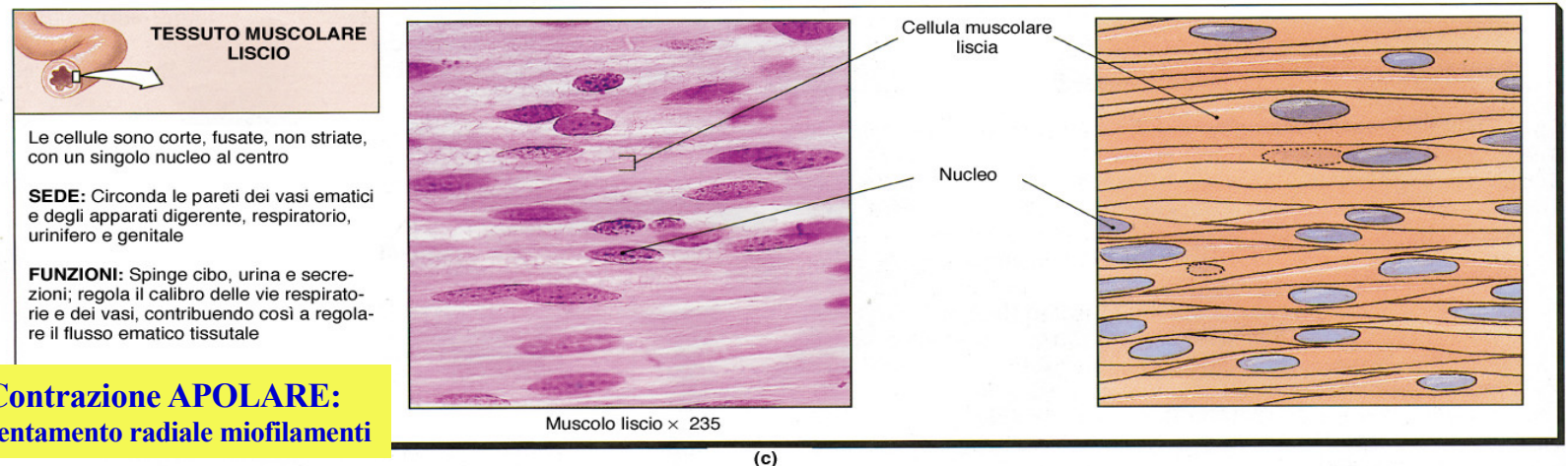
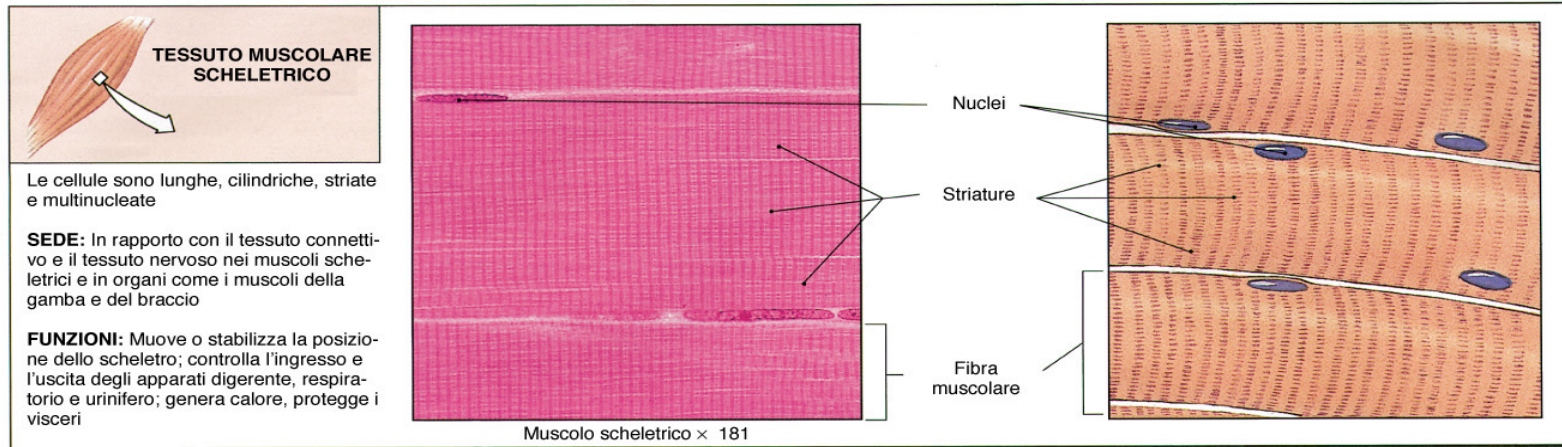
Il tessuto muscolare

CdS in FARMACIA e CTF
Prof.ssa Ponti Cristina



- reticolo sarcoplasm + triade
- met. Aerobio / anaerobio
- cellule satelliti per rigenerazione

- polinucleate
- striato
- innervate dal SNP

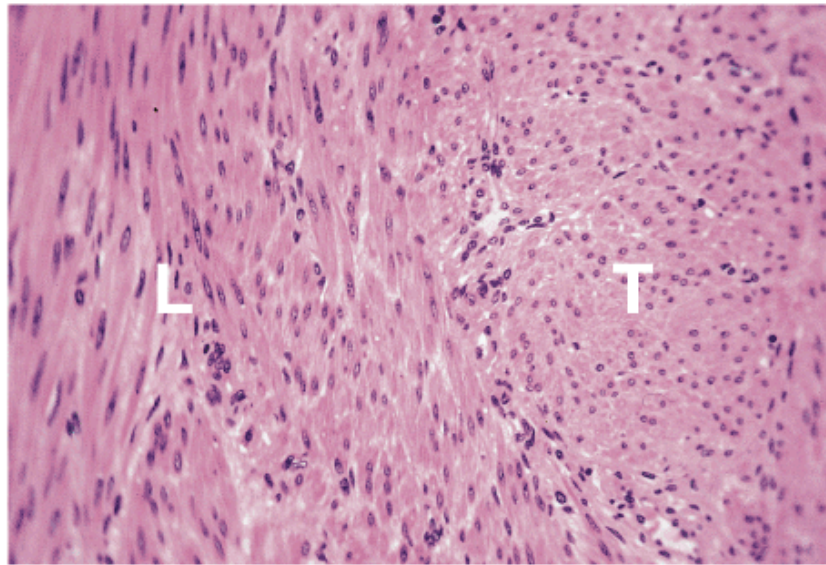


Contrazione APOLARE:
Orientamento radiale miofilamenti

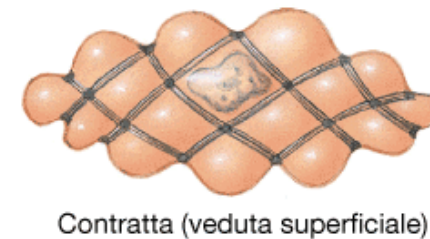
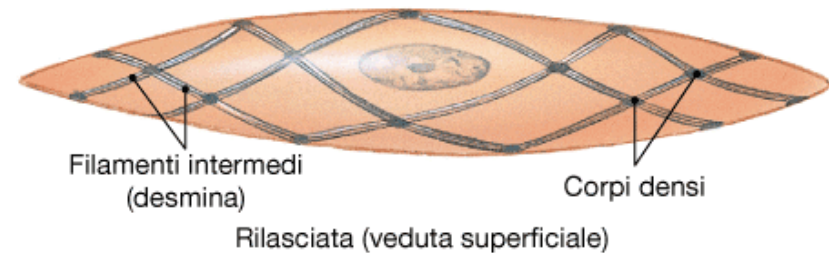
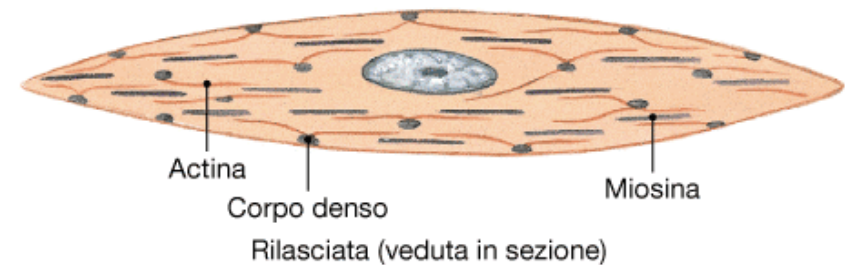
- mononucleate
- rigenerano per mitosi
- innervate da fibre del SNA quando presenti

- filamenti actina e miosina ma no striatura
- met. Aerobio a basso consumo energetico

Contrazione APOLARE

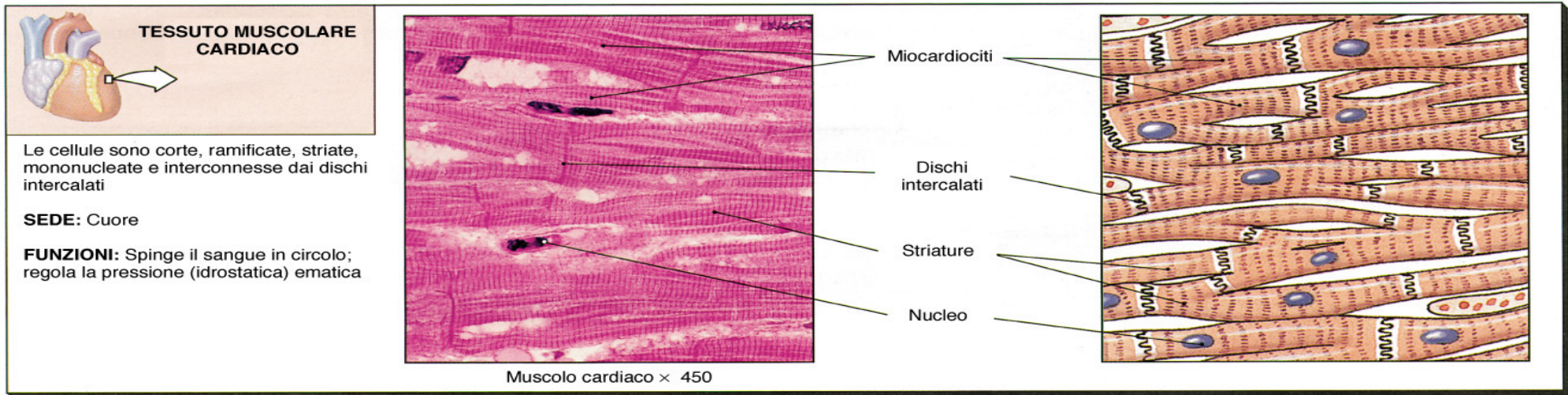


(a)



(b)

Figura 10–23 Tessuto muscolare liscio. (a) Molti organi viscerali contengono diversi strati di muscolatura liscia orientati in diverse direzioni. L'immagine mostra in una sola sezione cellule muscolari lisce sia in sezione trasversale (T) sia in sezione longitudinale (L). (b) Una cellula muscolare liscia a riposo ha una forma affusolata e non presenta striature. Nota il cambiamento nella forma della cellula quando avviene una contrazione.



(b)

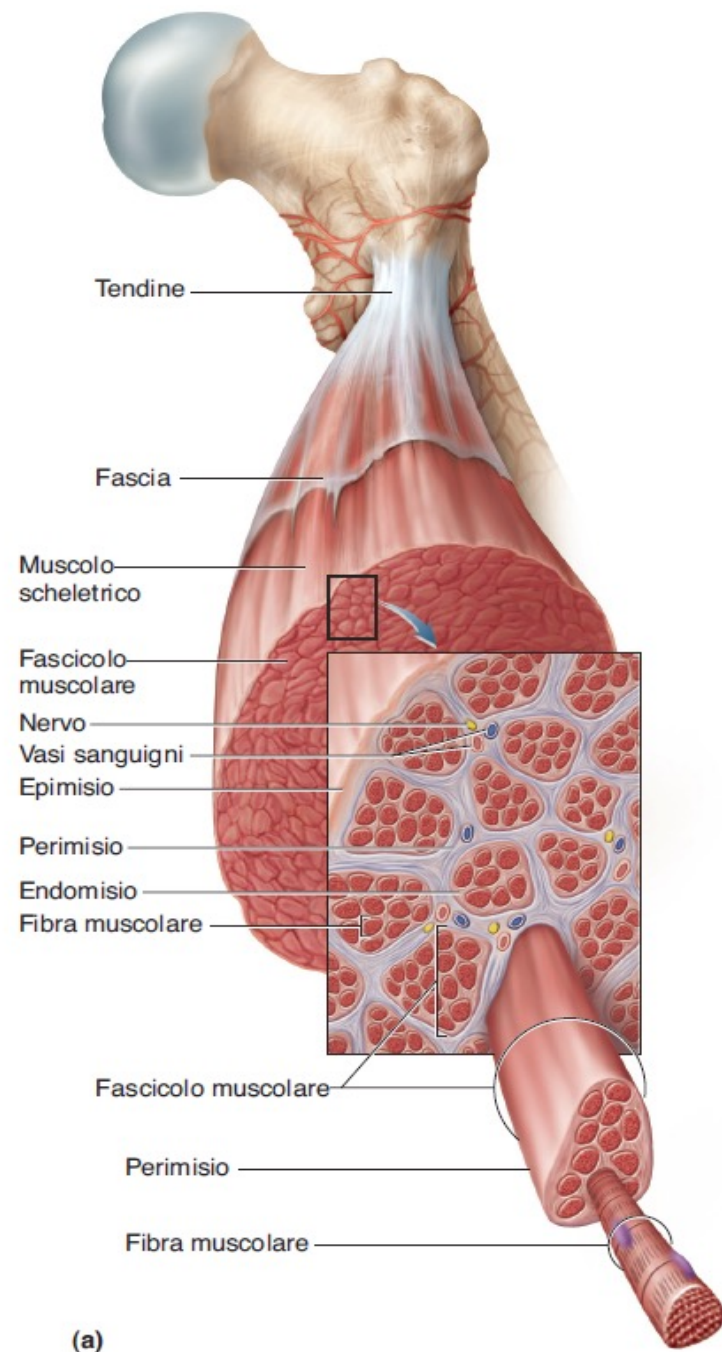
- NO triade
- NUCLEO CENTRALE, MONONUCLEATE
- DISCHI INTERCALARI (gap junctions + desmosomi)
- sincizio funzionale
- metabolismo aerobio, molti mitocondri
- NO cellule satelliti (NON RIGENERA!)
- STRIATO, INVOLONTARIO

Organizzazione strutturale del muscolo scheletrico

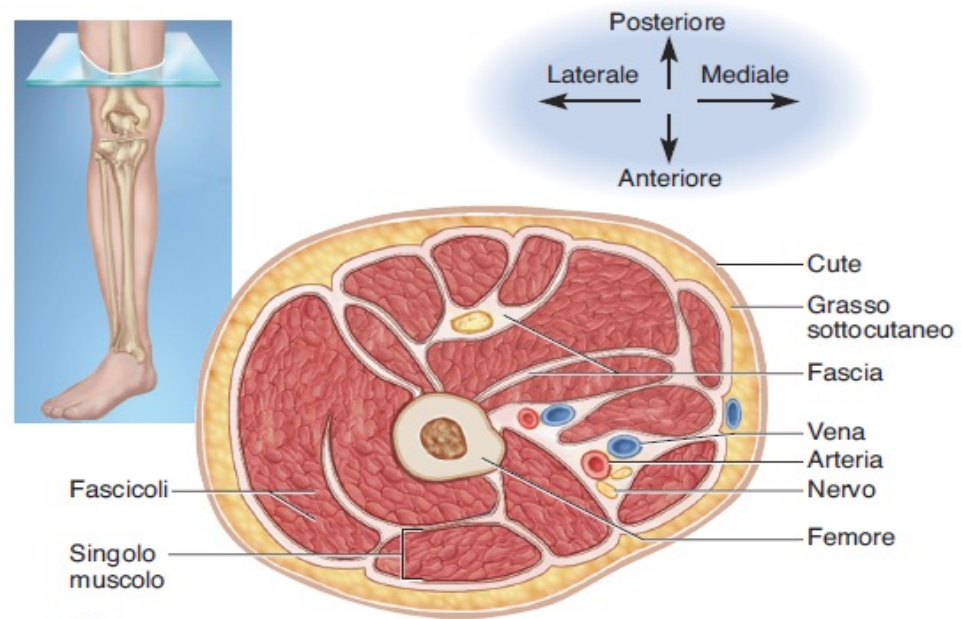
- muscolo (epimisio – connettivo fibroso)
- fasci muscolari (perimisio – connettivo intermedio)
- fibre muscolari (endomisio – connettivo lasso dove passano vasi e nervi)
- miofibrille

Organizzazione interna della fibra muscolare

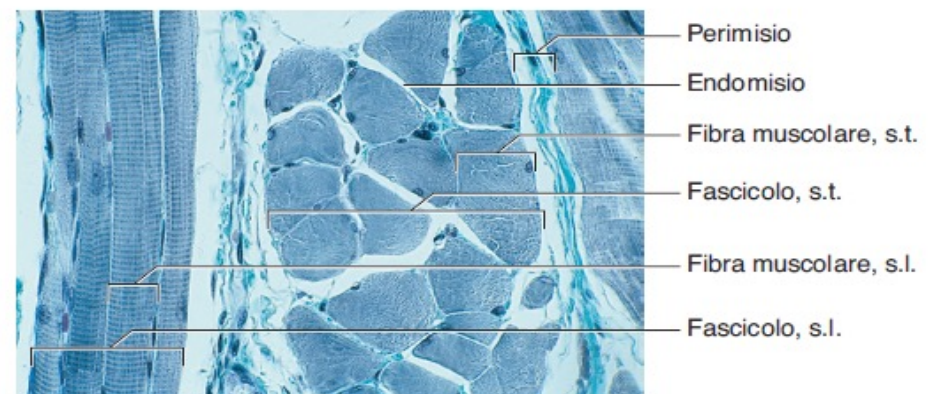
- Le miofibrille (aggregati di miofilamenti) occupano il sarcoplasma
- molti mitocondri
- glicogeno
- ampio reticolo sarcoplasmatico
(= reticolo liscio)
- pigmento: mioglobina (rossa, riserva di ossigeno)



(a)



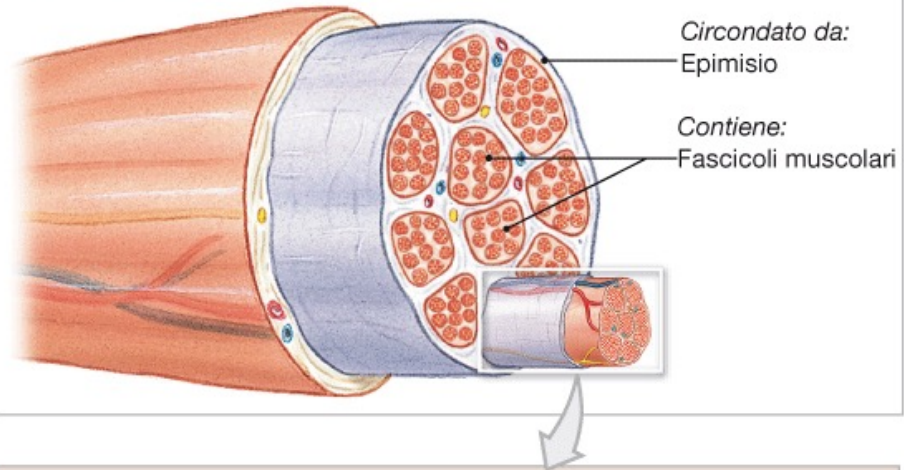
(b)



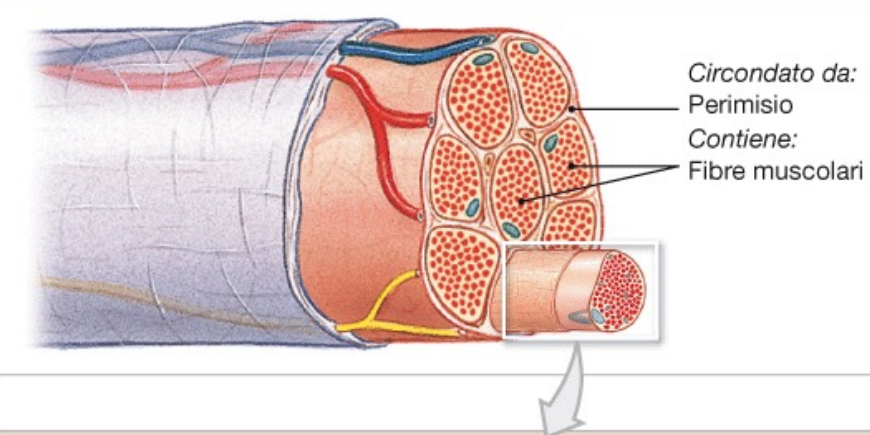
(c)

© Vitor Eroschenko

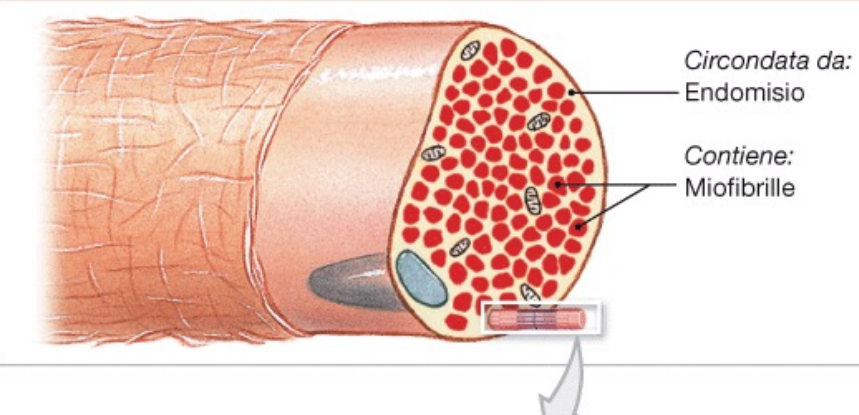
(a) MUSCOLO SCHELETRICO



(b) FASCICOLO MUSCOLARE



(c) FIBRA MUSCOLARE



**Fonte: Saladin (Piccin) –
materiale docente**

Vascolarizzazione e apporto ematico

Apporto ematico a riposo: 1,25 l/min

Apporto ematico sotto sforzo: 11,6 l/min

Necessaria ricca vascolarizzazione con capillari a struttura ondulata intimamente adesa alle fibre muscolari

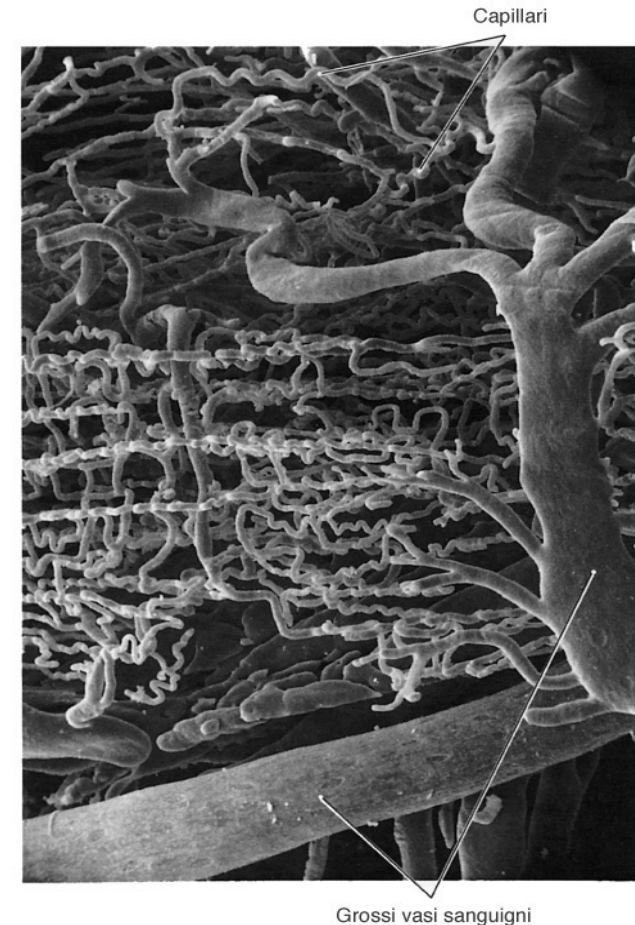
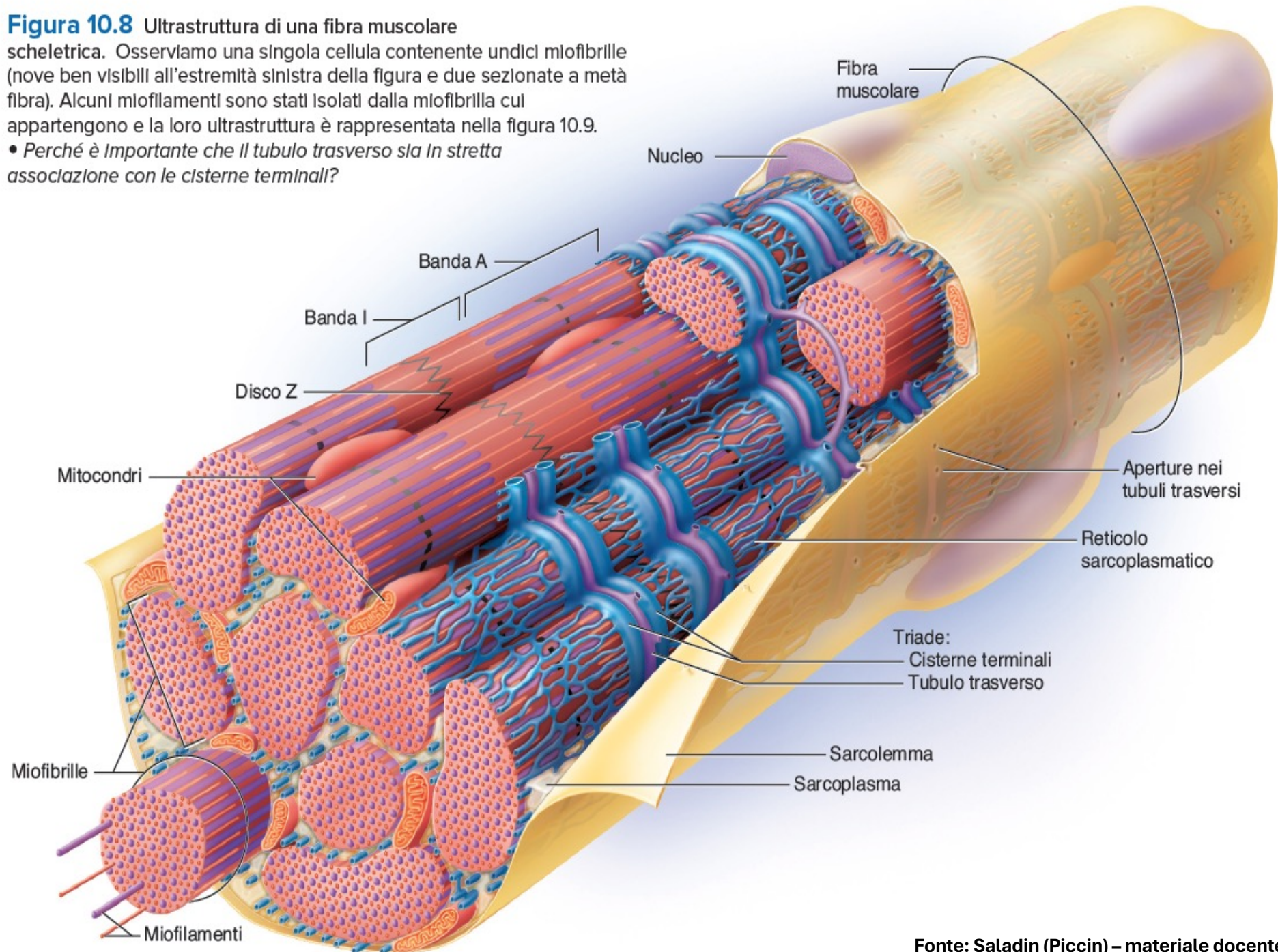


FIGURA 9-3

Vasi capillari diretti ad una fibra muscolare scheletrica. Notare il decorso particolarmente tortuoso dei vasi capillari, tale da permettere cicli di contrazione e rilasciamento. (MES $\times 168$) (Riprodotta, per gent. conc., da R.G. Kessel and R.H. Kardon, *Tissues and Organs: A Text-Atlas of Scanning Electron Microscopy*, W.H. Freeman & Co., 1979).

Figura 10.8 Ultrastruttura di una fibra muscolare scheletrica. Osserviamo una singola cellula contenente undici miofibrille (nove ben visibili all'estremità sinistra della figura e due sezionate a metà fibra). Alcuni miofilamenti sono stati isolati dalla miofibrilla cui appartengono e la loro ultrastruttura è rappresentata nella figura 10.9.

- Perché è importante che il tubulo trasverso sia in stretta associazione con le cisterne terminali?



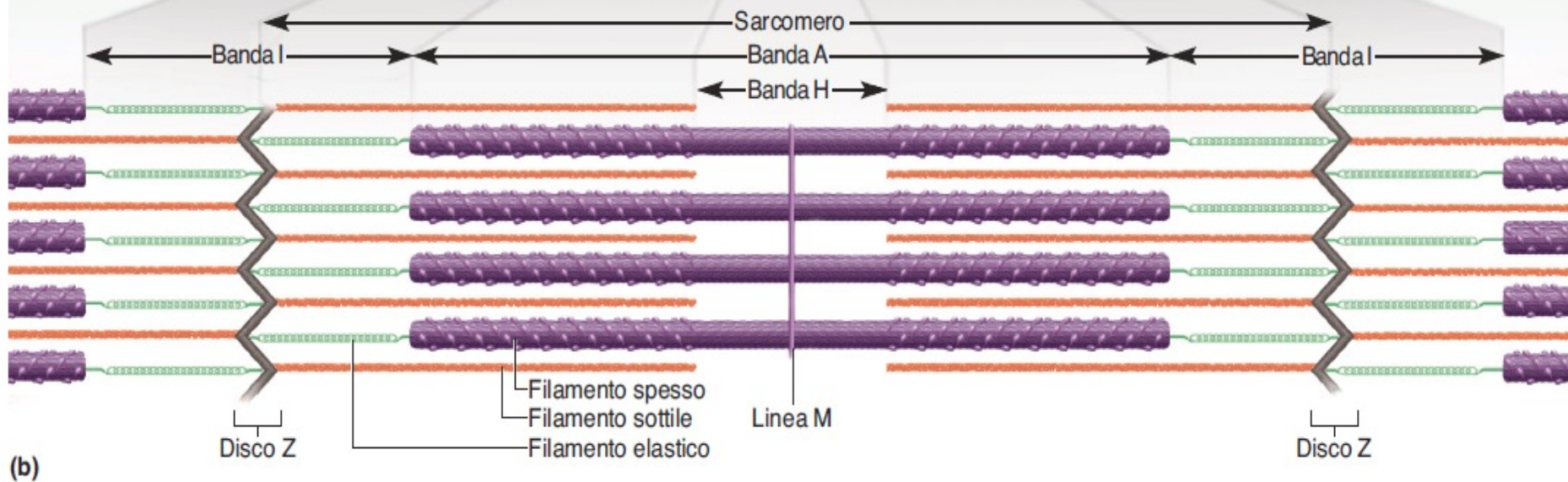
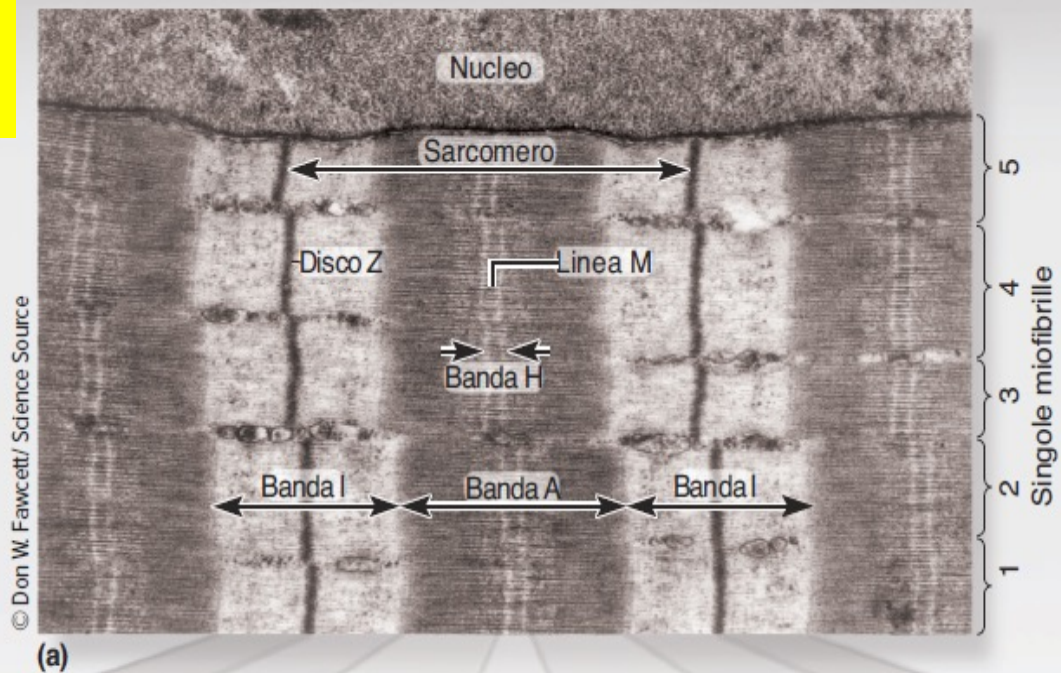
Struttura del sarcomero

(tra due linee Z)

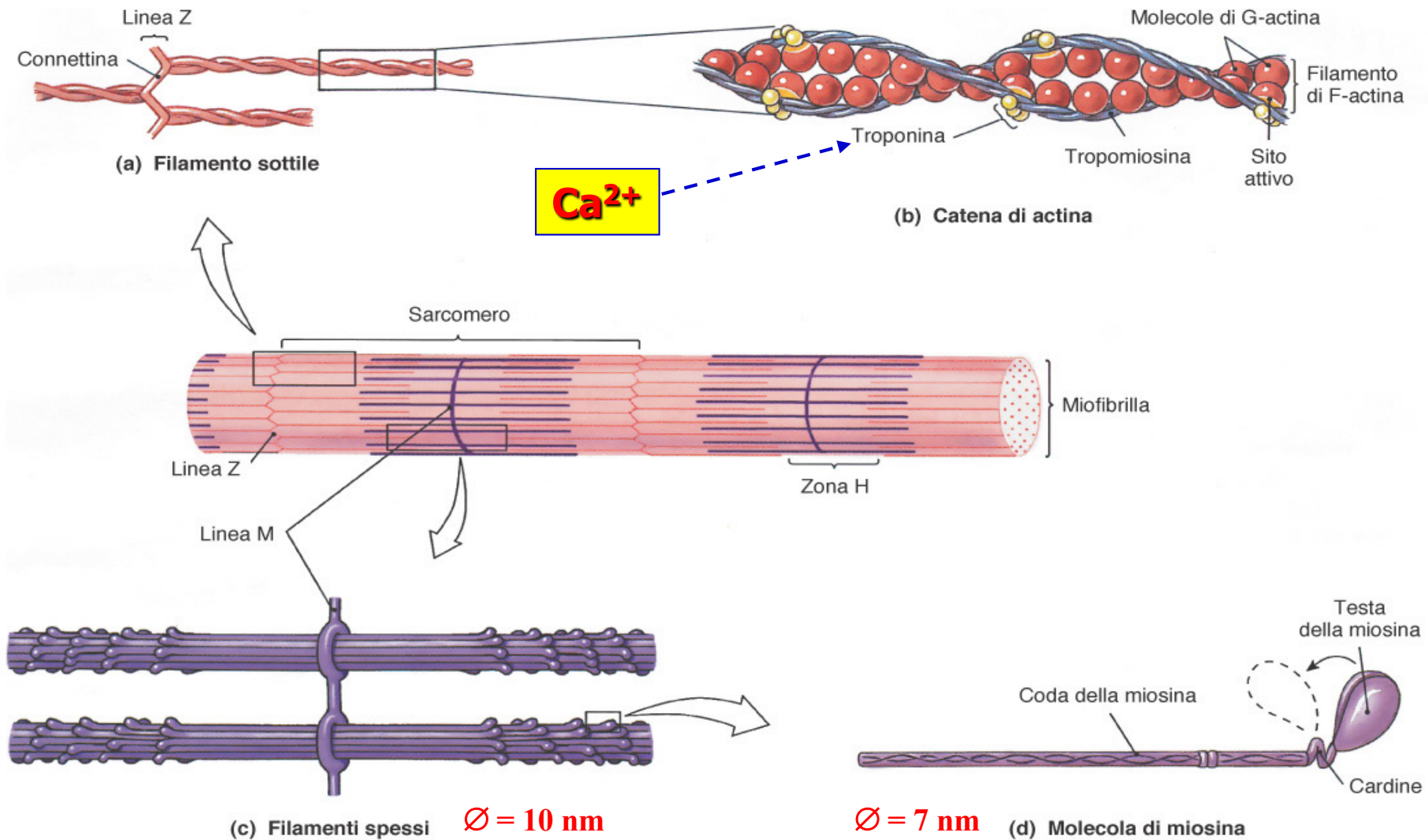
- 1) Filamenti spessi: formati da 200-500 molecole di miosina (diametro circa 15 nm);
- 2) Filamenti sottili: due fasci di F-actina formata da una fila di subunità di G-actina (disposte come un filo di perle) – diametro 7 nm. Ogni G-actina presenta un sito attivo bloccato a riposo da una molecola di tropomiosina. Il legame del Calcio alla troponina provoca una variazione conformazionale con esposizione del sito attivo ed ancoraggio della testa della miosina al sito attivo della actina;
- 3) Filamenti elastici: formati da una proteina elastica detta titina (o connettina) – diametro 1 nm, stabilizza la posizione dei filamenti;
- 4) Proteine accessorie: sono 7 ma la più importante è la distrofina che lega i filamenti di actina al sarcolemma

N.B.: ACTINA E MIOSINA SI TROVANO IN TUTTE LE CELLULE DOVE COADIUVANO MOTILITA' CELLULARE, MITOSI, TRASPORTO DI ELEMENTI INTRACELLULARI MA NEL MUSCOLO SCHELETRICO E CARDIACO SONO MOLTO ABBONDANTI E DISPOSTE IN MODO DA FORMARE LA STRIATURA VISTA

Struttura del sarcomero (tra due linee Z)



Filamenti spessi e sottili



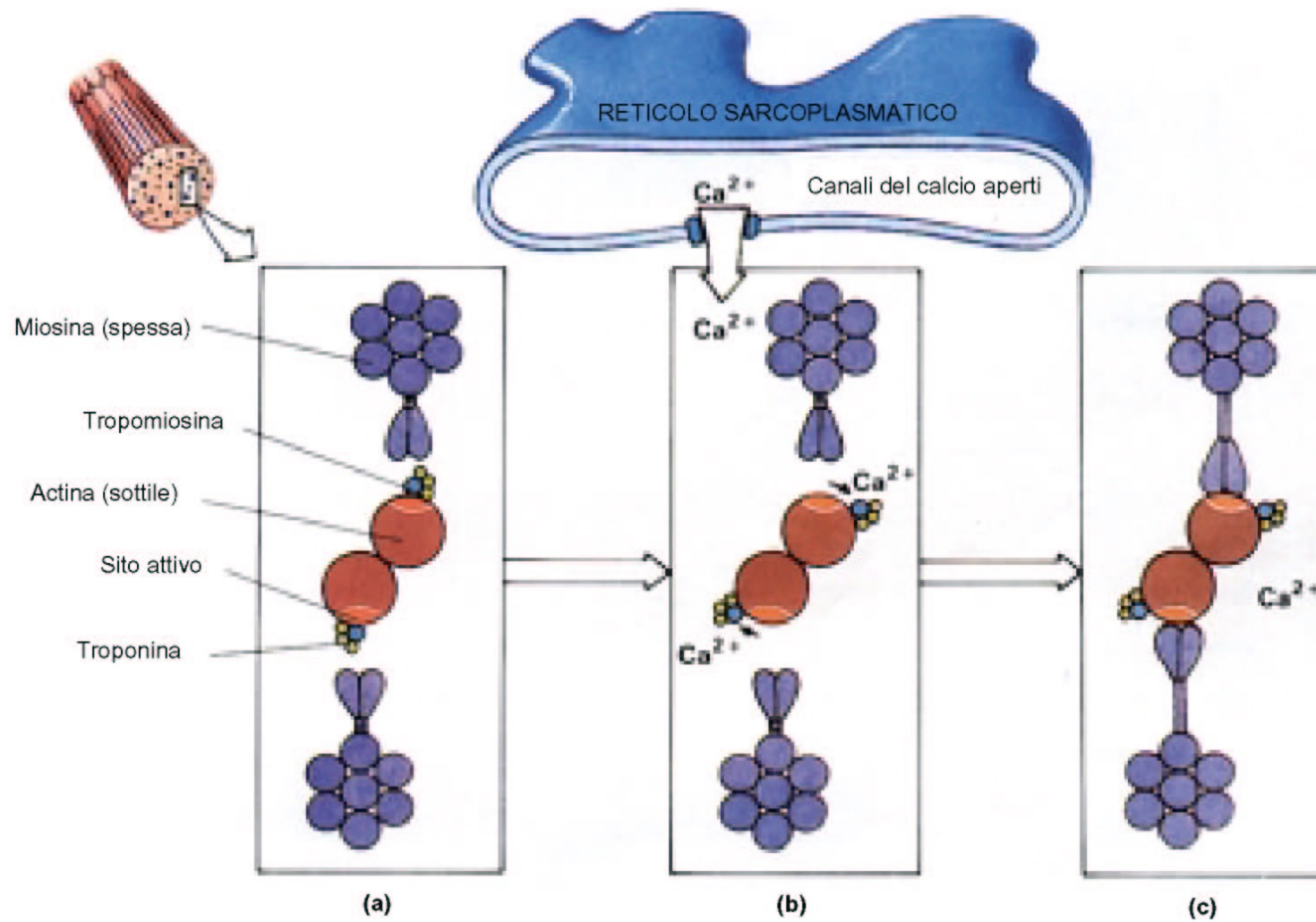
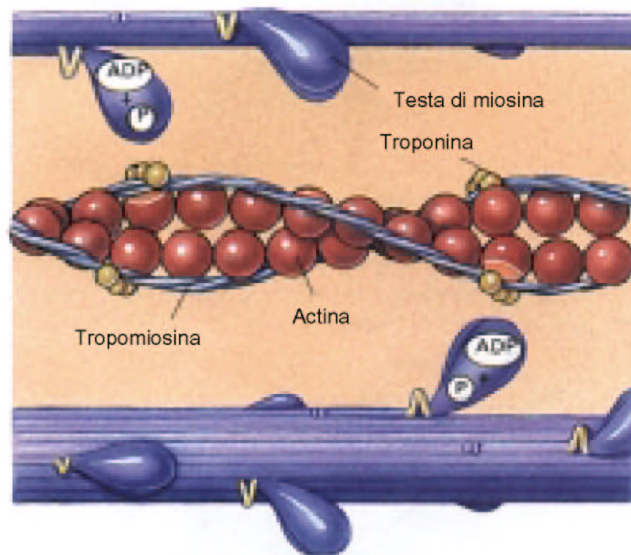
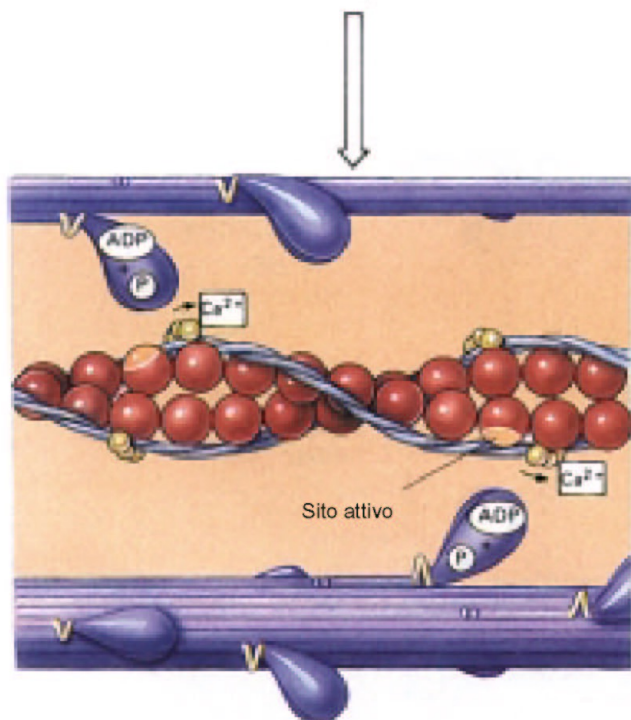


Figura 10.10 - Gli eventi molecolari che danno inizio alle interazioni tra i miofilamenti. (a) In un sarcomero a riposo le molecole di tropomiosina sono dislocate sui siti attivi dei filamenti sottili, e, mascherandoli, impediscono il legame con la miosina. (b) Quando gli ioni calcio raggiungono il sarcomero, si legano alla troponina, la quale, a sua volta, ruota spostando la tropomiosina ed esponendo i siti attivi. (c) A questo punto possono avvenire i legami crociati tra i miofilamenti, e la successiva contrazione.

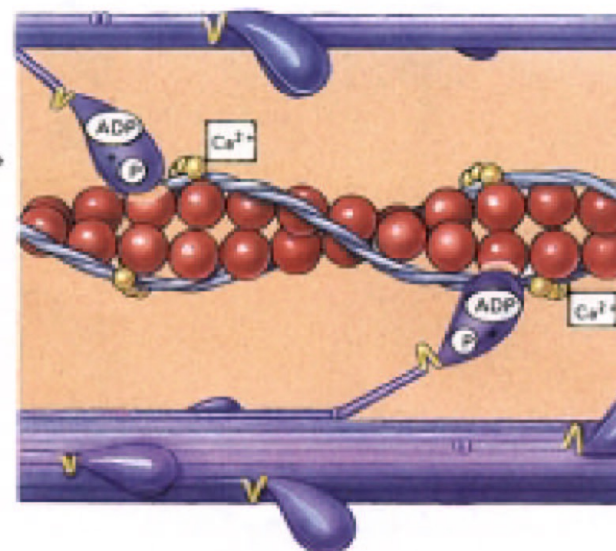
Figura 10.11 - Gli eventi molecolari del processo di contrazione.



Sarcomero a riposo



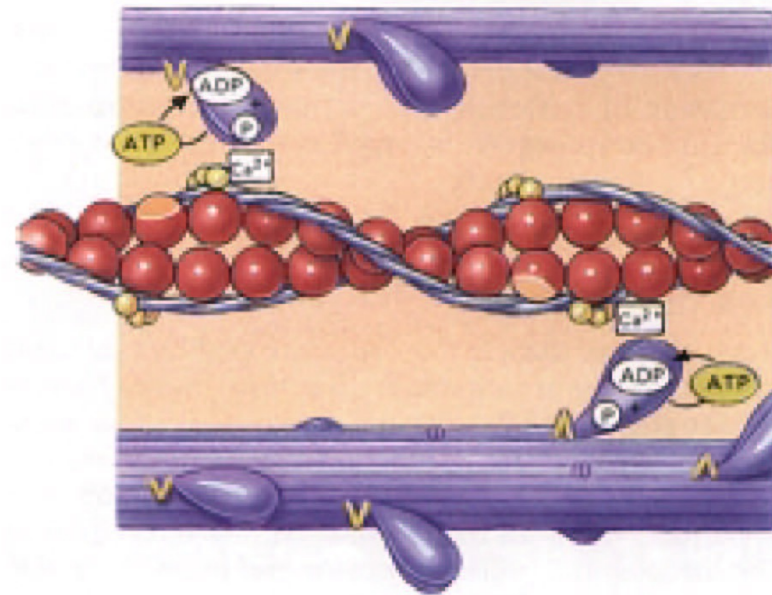
Fase 1: Esposizione del sito attivo



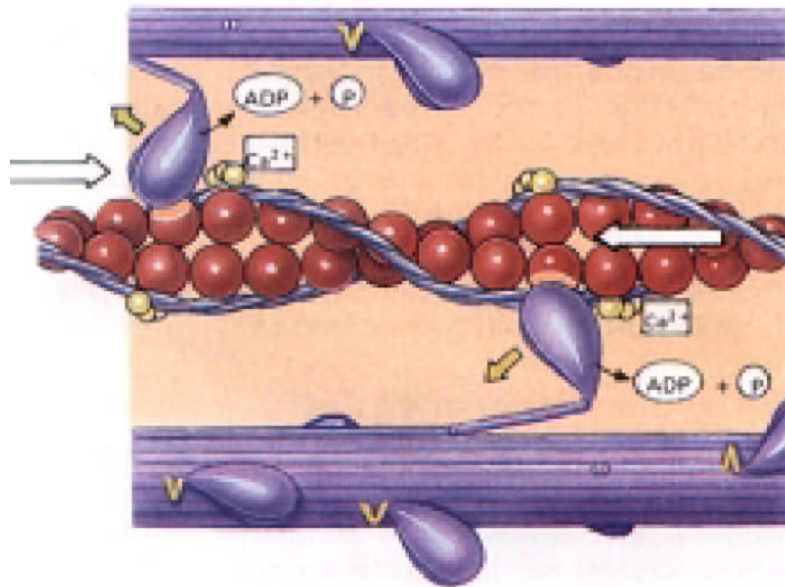
Fase 2: Formazione dei ponti trasversali

Consumo energetico:

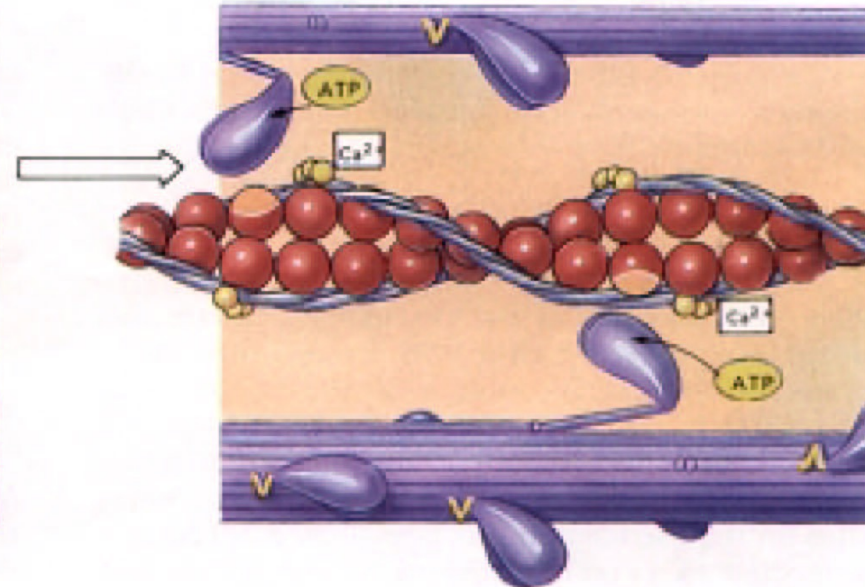
1 molecola di ATP per
la dissociazione di
ogni ponte
trasversario



Fase 5: Riattivazione della miosina



Fase 3: Flessione della testa di miosina



Fase 4: Dissociazione dei ponti trasversali

Variazioni del sarcomero durante la contrazione:

Avvicinamento delle linee Z e accorciamento della banda I

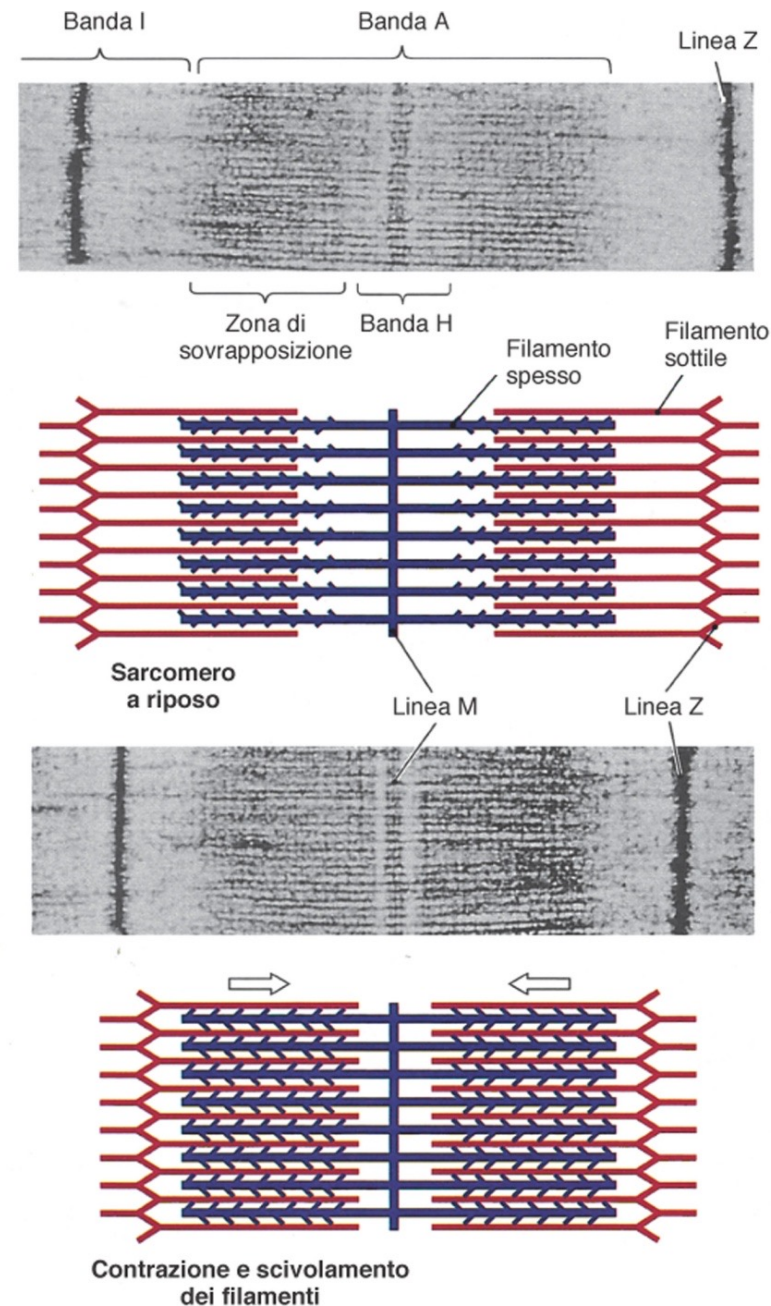


FIGURA 9-7

Variazioni di aspetto del sarcomero durante la contrazione. La banda A rimane in posizione, mentre le linee Z si avvicinano tra loro determinando l'accorciamento della banda I.

Triade:

il tubulo T circonda il sarcomero tra due cisterne terminali

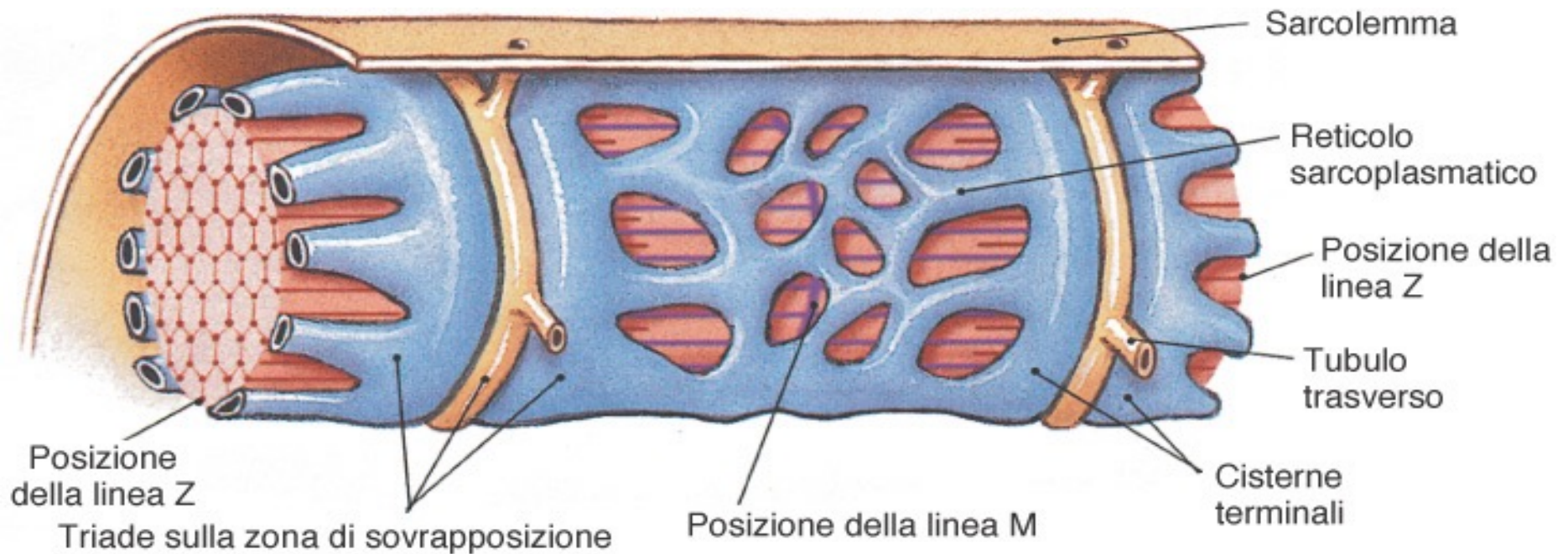
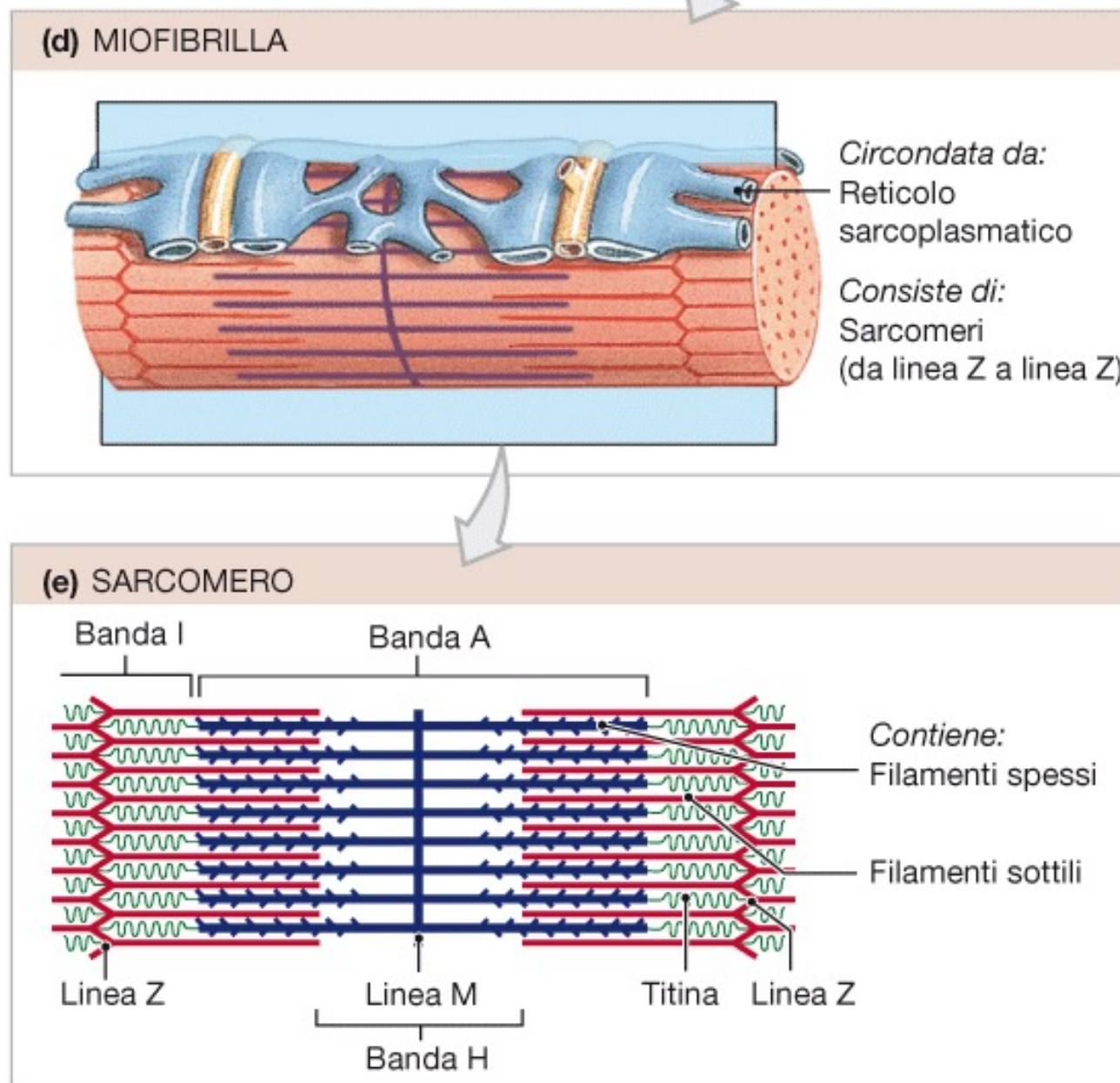


FIGURA 9-10

Orientamento del reticolo sarcoplasmatico, dei tubuli T e del sarcomero. Si forma una triade quando un tubulo T circonda il sarcomero tra 2 cisterne terminali. Raffronta con la *Fig. 9-4c p. 245*; si noti che le triadi si formano sulle zone di sovrapposizione.

Le triadi si formano sulle zone di sovrapposizione.



Giunzione neuro-muscolare o placca motrice

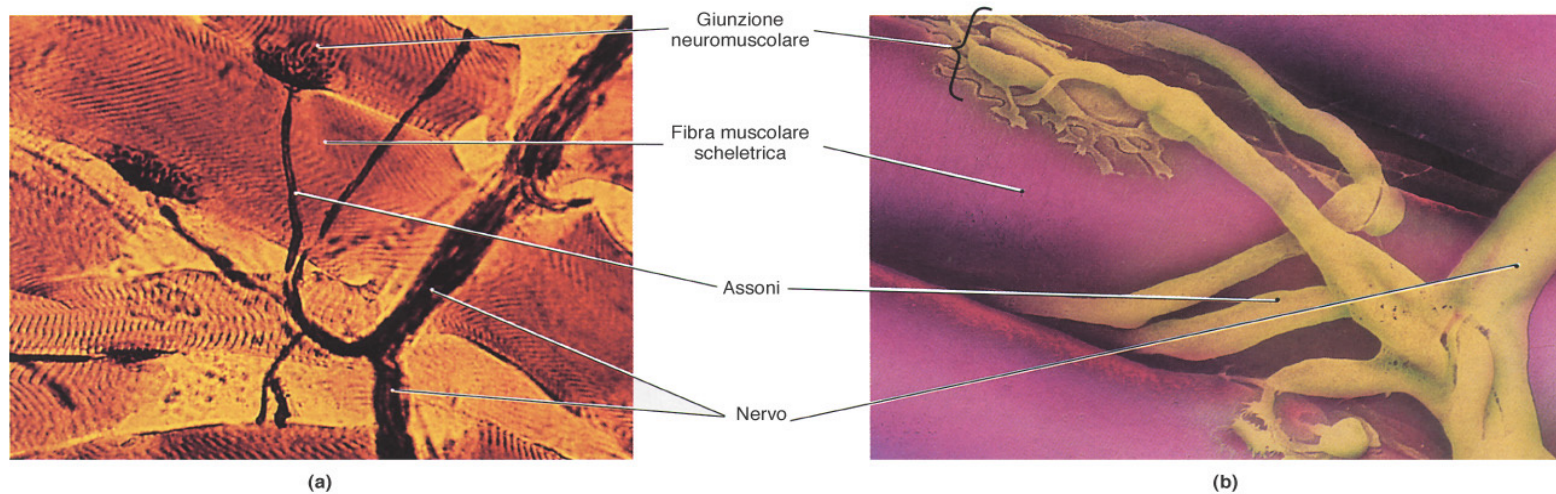
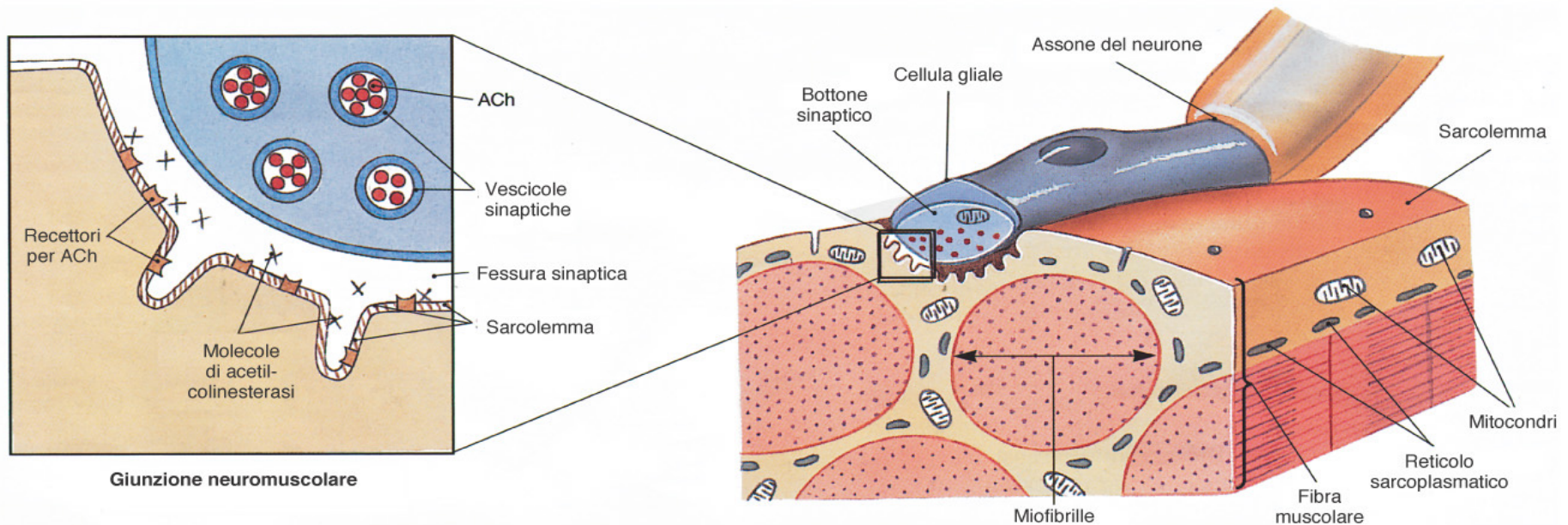
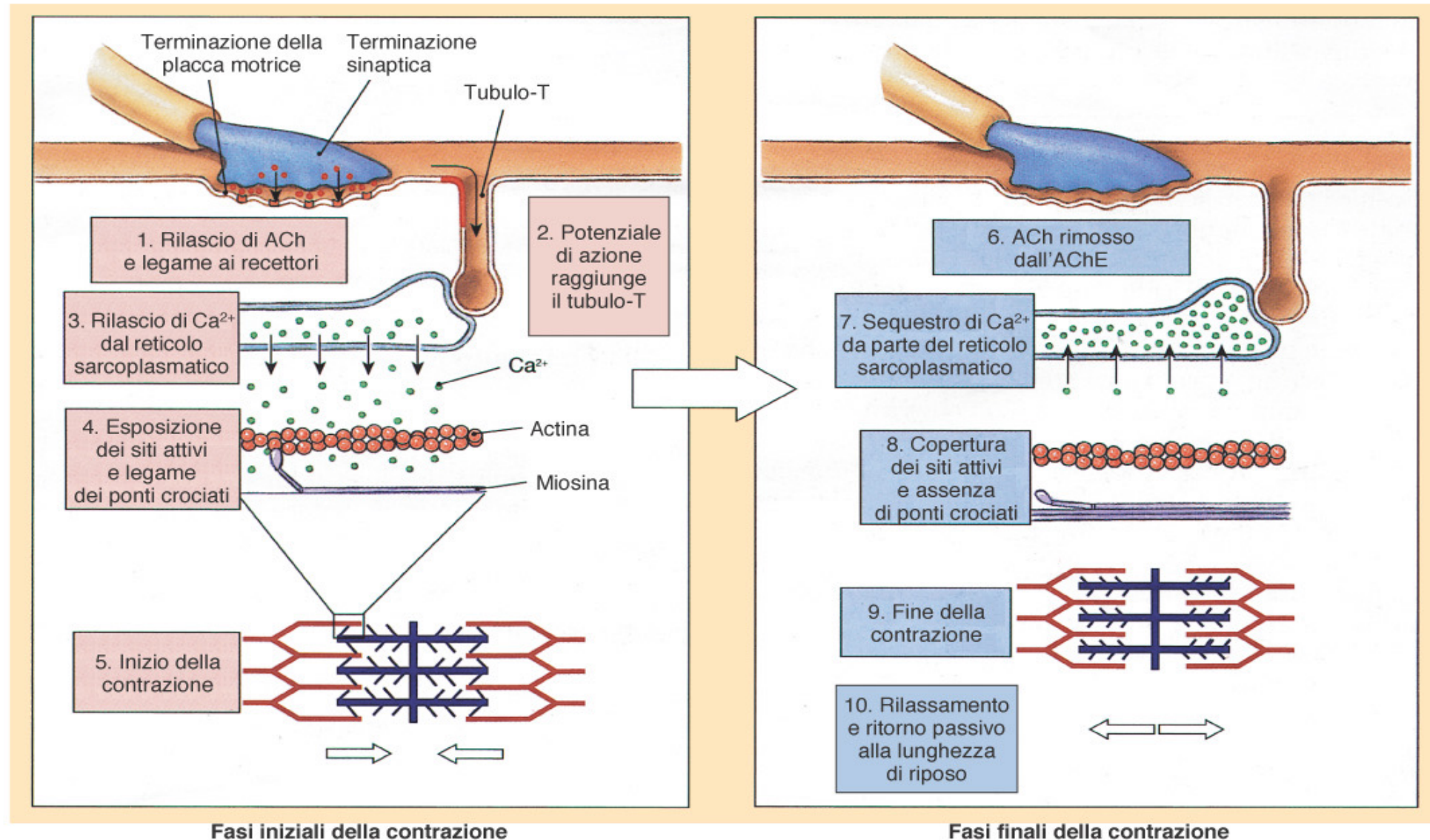


FIGURA 9-2

Innervazione della muscolatura scheletrica. Le fibre muscolari scheletriche sono stimulate da fibre nervose a livello della giunzione neuromuscolare. (a) Diverse giunzioni neuromuscolari (MO $\times 230$); (b) immagine di giunzioni neuromuscolari osservata a colori al MES.



Eventi della contrazione muscolare



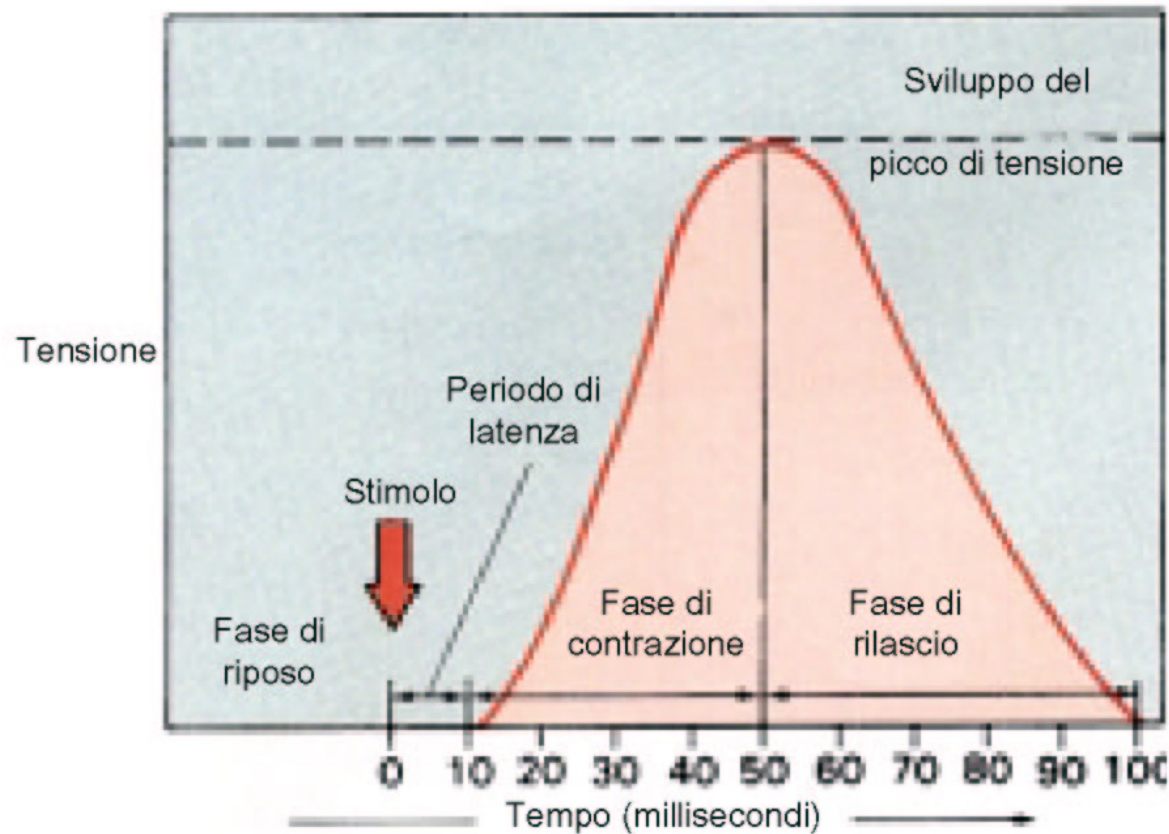


Figura 10.14 - La contrazione fasica e lo sviluppo della tensione muscolare. Miogramma che dimostra in dettaglio la durata dei diversi stadi di una contrazione fasica isometrica. Va notata la presenza di un periodo di latenza, che corrisponde al tempo necessario per la conduzione del potenziale d'azione e il successivo rilascio di ioni calcio da parte del reticolo sarcoplasmatico.

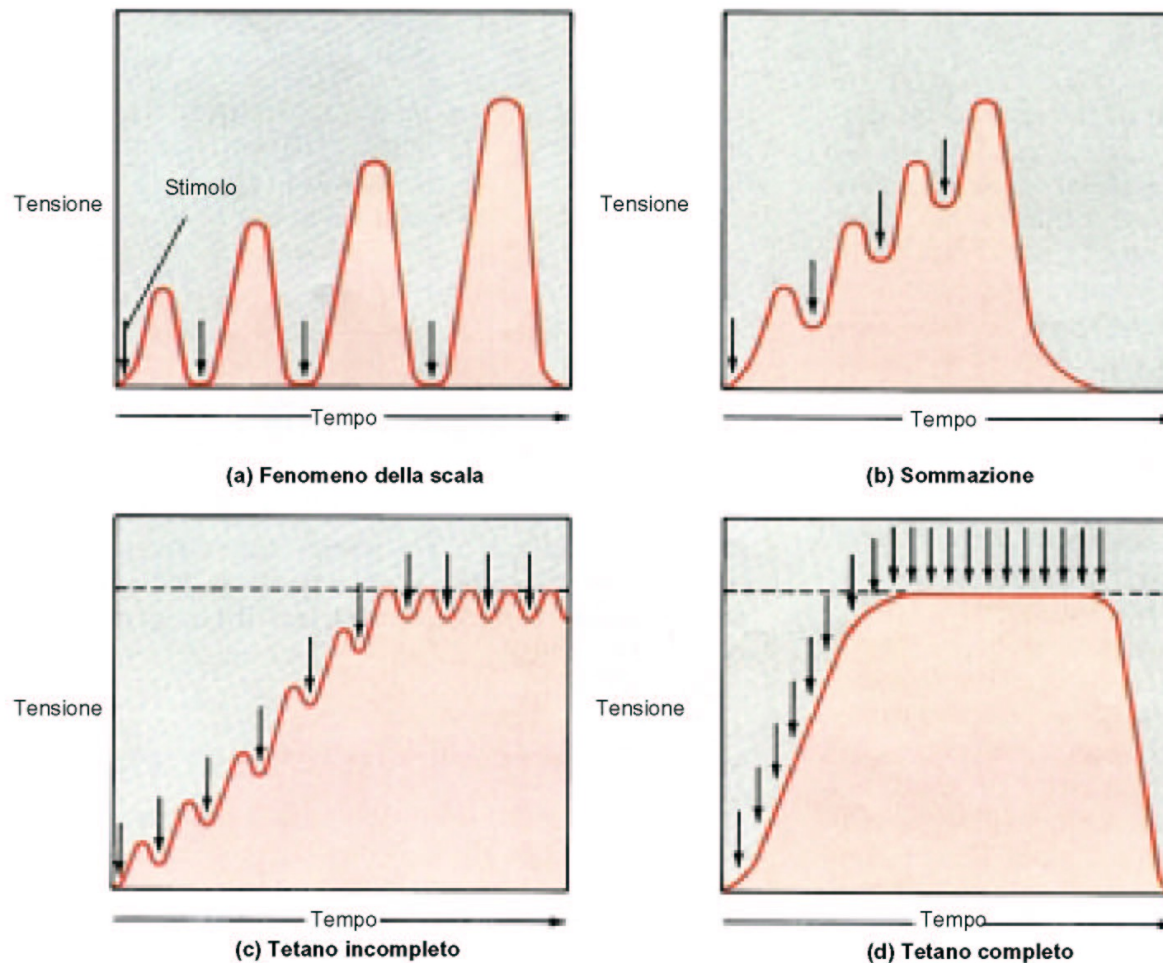


Figura 10.16 - Effetti di stimolazioni ripetute. (a) Il fenomeno della scala si verifica quando stimoli ripetuti raggiungono la fibra muscolare subito dopo la fine della fase di rilasciamento di una contrazione fasica. (b) La sommazione d'onda si verifica quando degli stimoli ripetuti arrivano al muscolo durante la fase di rilasciamento. (c) Se la velocità di stimolazione aumenta ulteriormente, la tensione prodotta raggiunge un picco ed i periodi di rilasciamento sono brevissimi. Questa condizione è nota come tetano incompleto. (d) Nel tetano completo la frequenza delle stimolazioni è così elevata che la fase di rilasciamento viene eliminata completamente. La tensione sale e raggiunge i livelli massimi.

PARALISI SPASTICA: TETANO e PESTICIDI ORGANOFOSFORICI

PARALISI FLACCIDA: TOSSINA BOTULINICA e CURARO

VIDEO: <https://app.jove.com/embed/player?id=14848&access=f7eced9f93&t=1&s=1&fpv=1>

Reclutamento delle unità motorie:

1) maggiore il numero di fibre muscolari per unità motorie, più vigorosa la contrazione

2) turnazione delle fibre coinvolte

3) regolazione della forza di contrazione in base anche al numero di unità motorie coinvolte

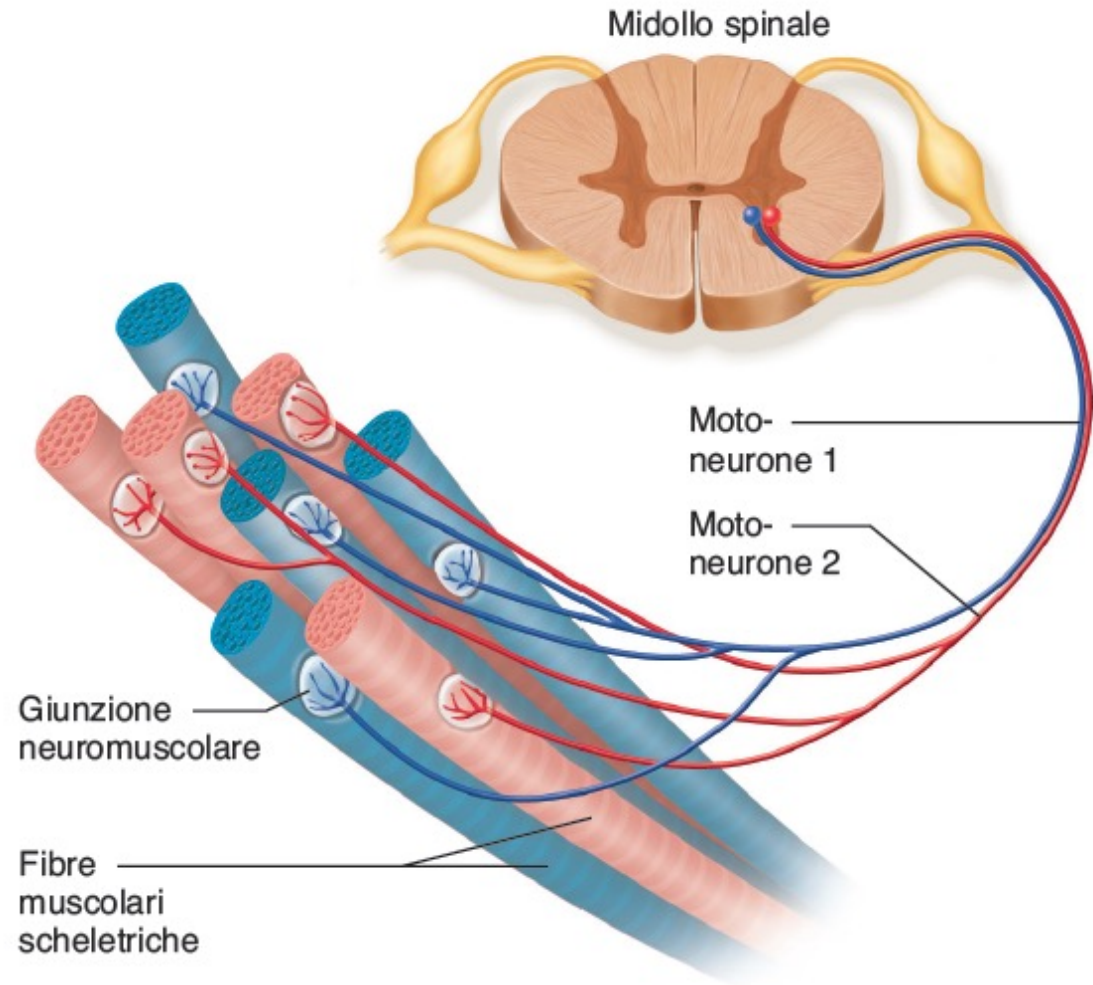
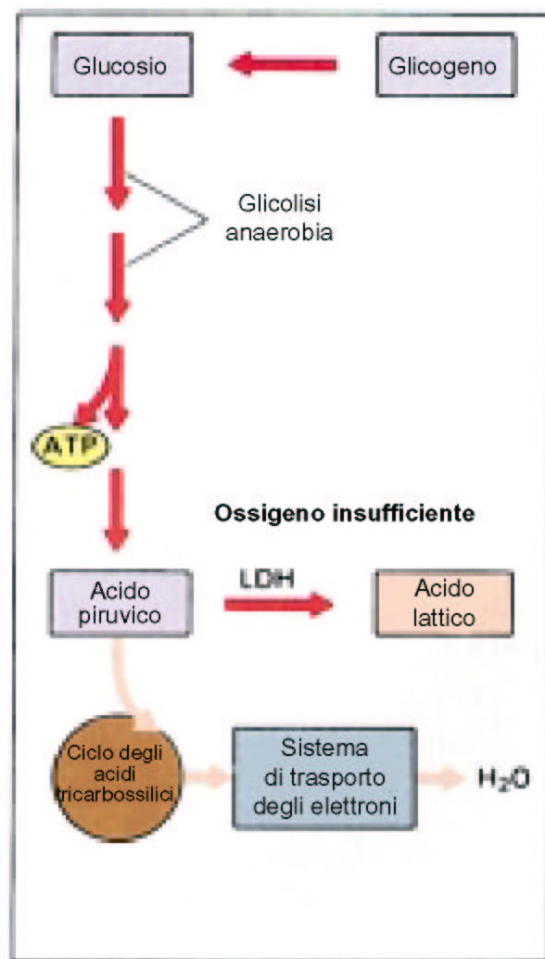


Figura 10.12 Unità motorie. Un'unità motoria è costituita da un motoneurone e da tutte le fibre muscolari scheletriche che da esso sono innervate. Sono rappresentate due unità motorie, costituite da un motoneurone, con il relativo assone (rosso o blu), e da fibre muscolari. È da notare che le fibre muscolari di un'unità motoria non sono raggruppate insieme, ma distribuite nel contesto del muscolo dove si trovano frammiste alle fibre di altre unità motorie.

VIDEO:

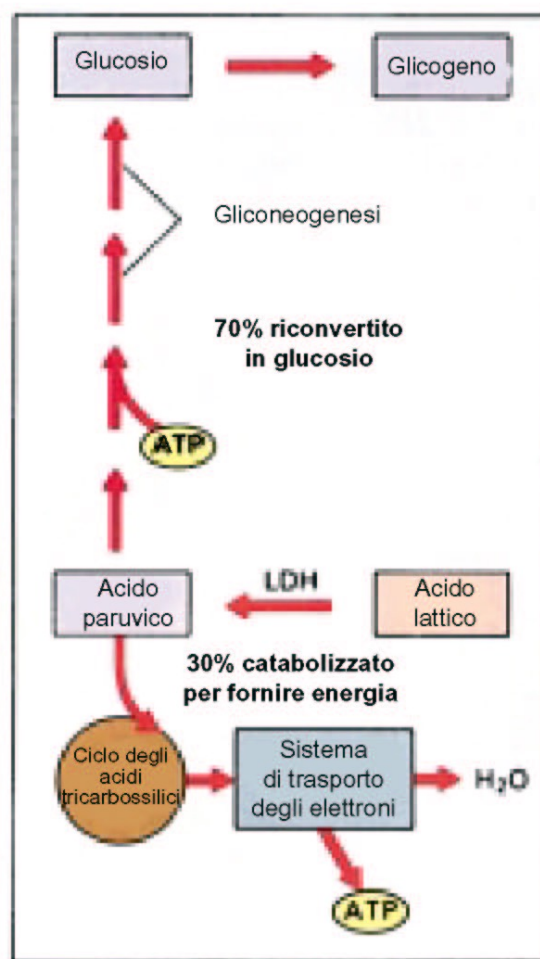
<https://app.jove.com/it/embed/player?id=14844&access=9a66b9c302&t=1&s=1&fpv=1>

Glicolisi anaerobia



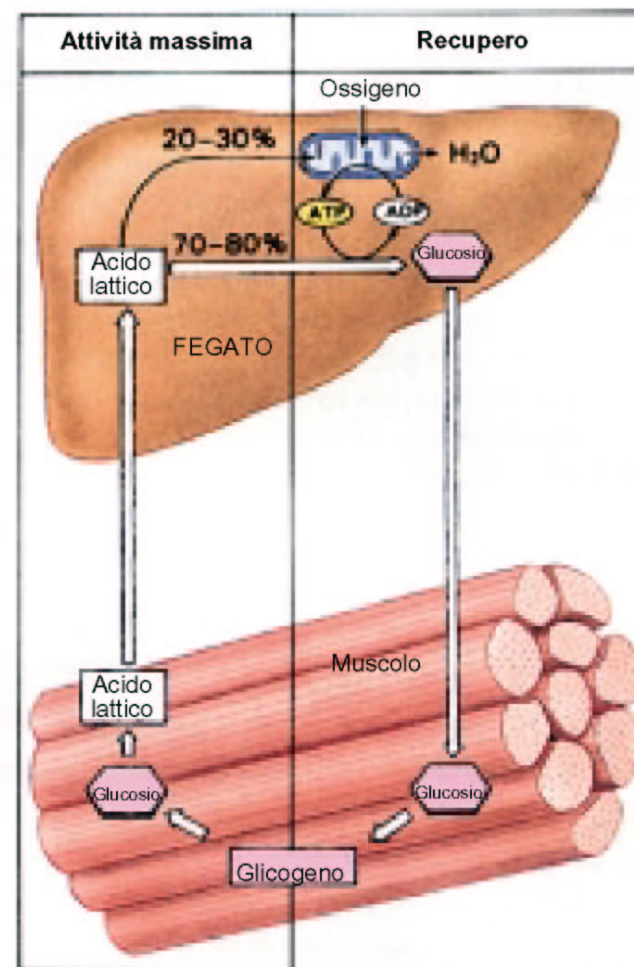
(a)

Periodo di recupero



(b)

Ciclo di Cori

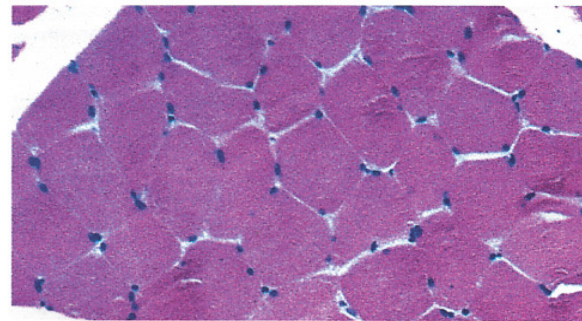


(c)

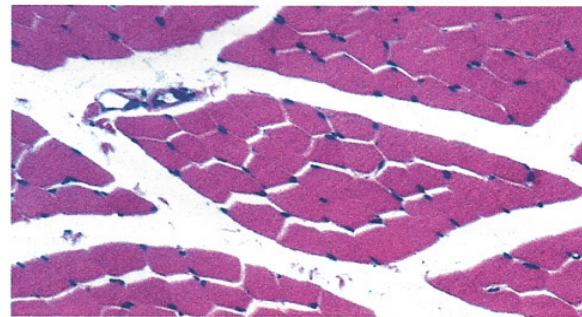
Figura 10.20 - Ricircolo dell'acido lattico e ciclo di Cori. (a) Durante una attività molto intensa, i muscoli scheletrici utilizzano la glicolisi anaerobia, convertendo il piruvato prodotto dalla scissione del glucosio in acido lattico. (b) Durante il periodo di recupero, quando l'ossigeno ritorna facilmente disponibile, l'acido lattico è riconvertito a piruvato. Parte del piruvato viene scisso in condizioni aerobiche, attraverso il ciclo degli acidi tricarbossilici, mentre la parte restante è riconvertita a glucosio. (c) Nel ciclo di Cori, il compito di riconvertire l'acido lattico compete al fegato ed al muscolo stesso. Il fegato assorbe l'acido lattico circolante e produce glucosio, che passa poi di nuovo in circolo. Le fibre muscolari sintetizzano glicogeno utilizzando il glucosio così ottenuto.

Tipi di fibre muscolari scheletriche

- **Fibre RAPIDE o BIANCHE**
(grandi riserve di glicogeno, pochi mitocondri = **GLICOLISI ANAEROBIA**)
- **Fibre LENTE o ROSSE**
(molti mitocondri, mioglobina, capillari = **METABOLISMO AEROBIO**)
- **Fibre INTERMEDIE**

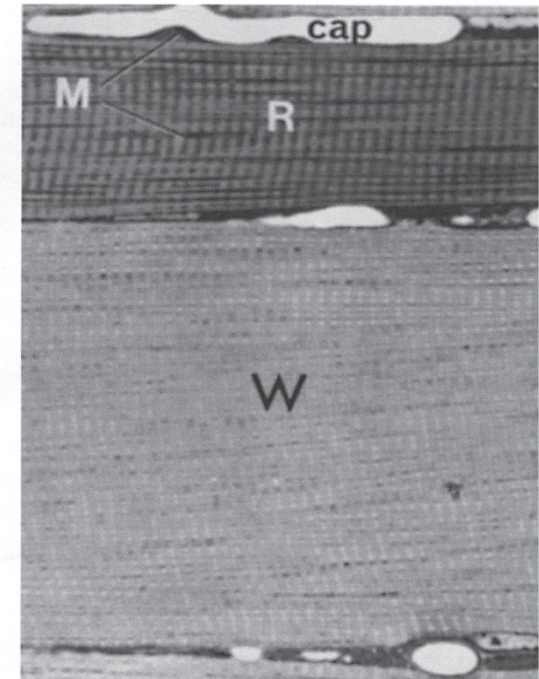


Fibre rapide



Fibre lente

(a)



(b)

FIGURA 9-14

Tipi di fibre muscolari scheletriche. Le fibre rapide permettono contrazioni rapide, mentre le fibre lente permettono contrazioni più lente ma più prolungate. (a) Notare le dimensioni delle fibre rapide (sopra) e delle fibre lente (sotto) (MO $\times 229$). (b) La fibra muscolare lenta (R), relativamente sottile, ha numerosi mitocondri (M) e una rete capillare (cap) più estesa rispetto a una fibra rapida (W) (MO $\times 1044$).

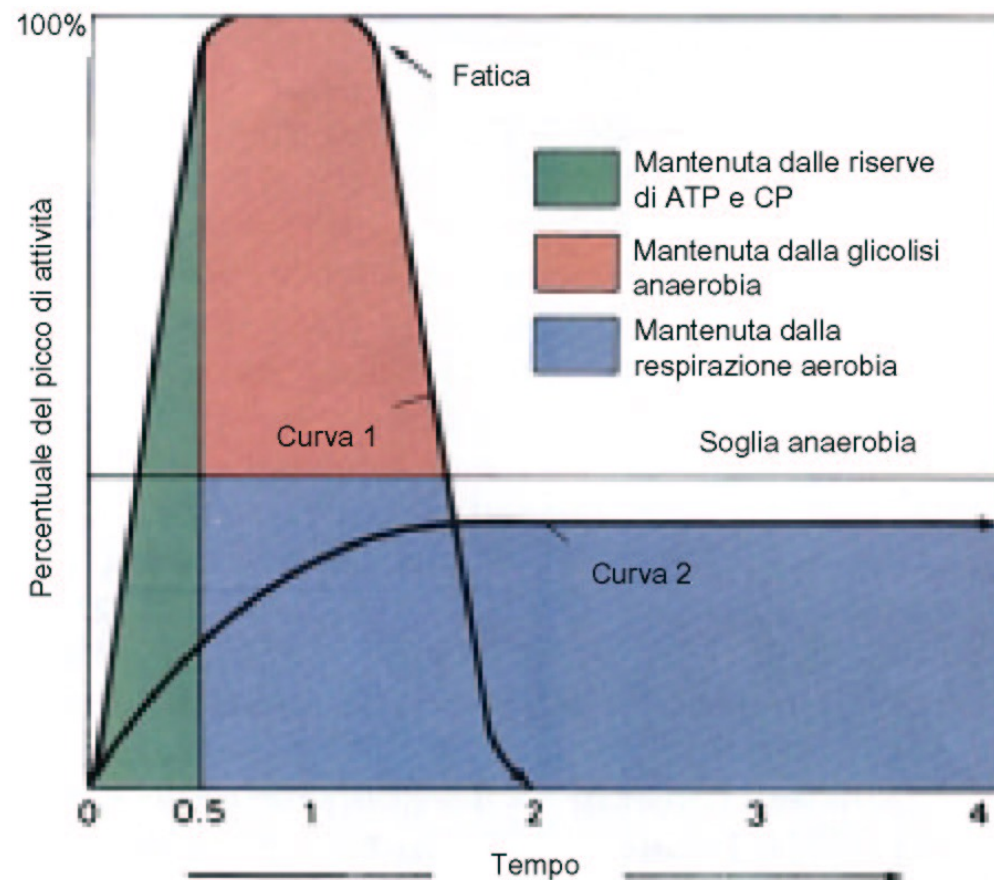


Figura 10.22 - Rendimento e resistenza muscolare. La curva 1 indica il rendimento dei muscoli che agiscono ai livelli massimi quando vengono forzati ad utilizzare la glicolisi anaerobia per produrre ATP. La curva 2 descrive il rendimento muscolare nella situazione in cui la domanda di ATP viene mantenuta al di sotto della soglia anaerobia. La fatica muscolare compare dopo 1-2 minuti di massima attività anaerobia, ma la contrazione sostenuta dalla respirazione aerobia può continuare per diverse ore.

ASPETTI CLINICI

1) ASSENZA DI TONO MUSCOLARE:

Cause:

- Paralisi
- Anestesia

Effetti:

- Migrazione dei denti
- Possibile dislocazione di articolazioni
- Posizione a riposo anomala

2) RIGENERAZIONE MUSCOLARE

In caso di trauma un muscolo scheletrico può rigenerare grazie al differenziamento delle cellule satelliti in mioblasti. Un danno esteso però è rimpiazzato con fibre muscolari disorganizzate frammiste a tessuto fibroso cicatriziale, quindi il recupero funzionale può comunque risultare compromesso.

3) STIRAMENTO MUSCOLARE

Presenza di microlesioni muscolari con infiammazione periostale. In caso di sforzi molto violenti può essere associato a distacco del tendine con possibile frattura ossea.

MIOPATIE

1) DISTROFIA MUSCOLARE DI DUCHENNE

Malattia a base ereditaria (gene per la distrofina difettoso) in cui il tessuto muscolare progressivamente degenera e viene sostituito da tessuto cicatriziale fibroso e adiposo

2) MIASTENIA GRAVIS

Malattia autoimmune in cui si ha la distruzione dei recettori di Ach nelle placche motrici con sintomi a livello dei muscoli facciali (ptosi palpebrale) seguiti da debolezza muscolare, scarsa resistenza fisica, difficoltà nella deglutizione.

Segni clinici della Miastenia Grave

Fonte: Saladin (Piccin) – materiale docente

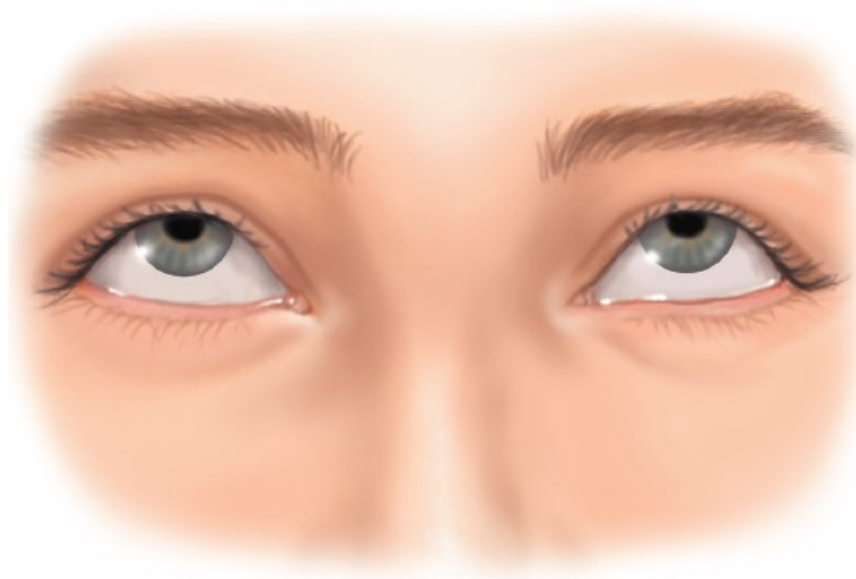
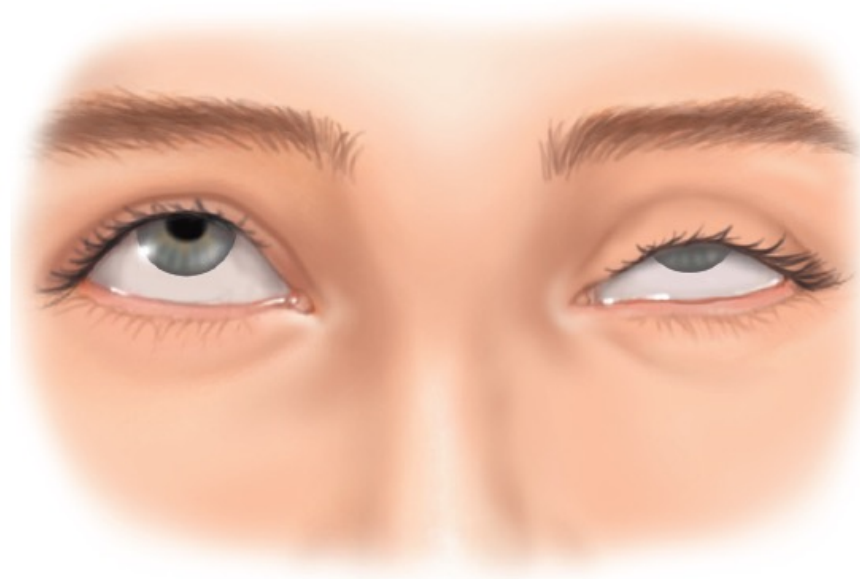
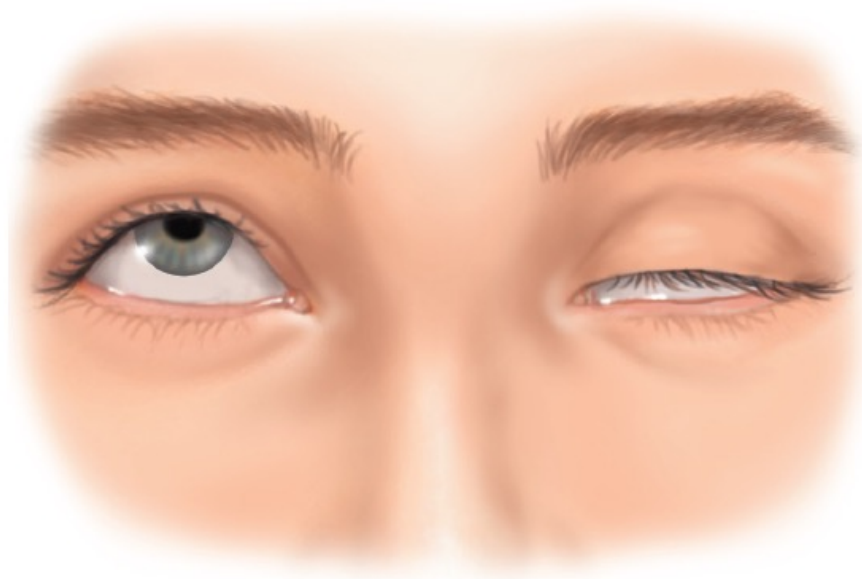


Figura 10.20 Miastenia grave. Il paziente è stato invitato a guardare in alto (disegno più in alto). E dopo 60 (disegno a metà) fino a 90 secondi (disegno più in basso). È evidente l'abbassamento della palpebra sinistra (ptosi) dovuto all'incapacità di mantenere la stimolazione e la contrazione del muscolo orbicolare dell'occhio.



Fonte: Saladin (Piccin) – materiale docente



Fonte: Saladin (Piccin) – materiale docente

INVECCHIAMENTO

< DIAMETRO MIOFIBRILLE
RIDOTTO APPORTO EMATICO



Affaticamento precoce

< DIAMETRO MUSCOLO
< MOTONEURONI NEL MIDOLLO SPINALE
> CONN. FIBROSO e accumulo di grasso, < FIBRE ELASTICHE

< RESISTENZA SOTTO SFORZO

< CAPACITA' RIGENERATIVA

N.B.: E' più utile una attività muscolare sportiva costante che estrema ai fini del mantenimento di un fisico allenato e in forma.