

Tessuto muscolare

Tessuto specializzato nella contrazione, ha la funzione di generare forza contrattile che deforma il tessuto a cui appartiene

Esistono diversi tipi:

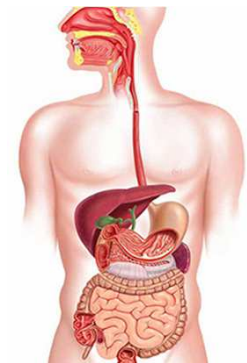
- Tessuto muscolare striato: le proteine contrattili all'interno delle fibre sono organizzate in modo da determinare striature trasversali

Scheletrico: e' un tessuto volontario in cui la contrazione è indotta da impulsi nervosi provenienti dal SNC (motoneuroni)

Cardiaco: e' un tessuto involontario in cui la contrazione, ritmica e autonoma, è regolata da impulsi nervosi provenienti dal sistema nervoso vegetativo

- Tessuto muscolare liscio: le proteine contrattili sono disposte in modo più disorganizzato, non ci sono striature

E' un tessuto involontario in cui la contrazione è indotta dal sistema nervoso vegetativo



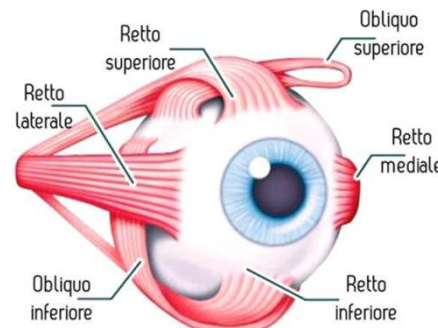
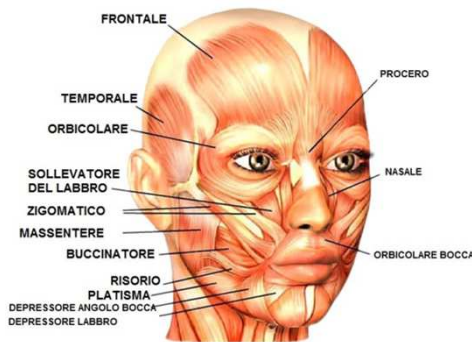
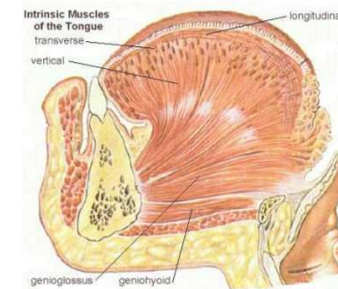
Tessuto muscolare striato scheletrico

È costituito da elementi multinucleati (sincizio) detti *fibre muscolari*, che derivano dalla fusione di elementi mononucleati (mioblasti), durante lo sviluppo embrionale

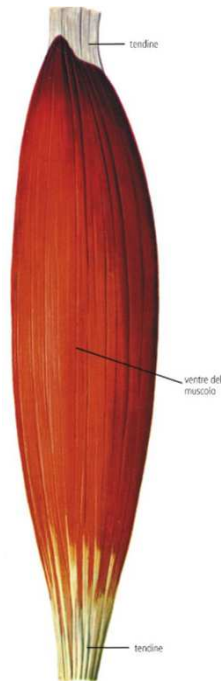
Sono responsabili del movimento delle ossa

Sono presenti anche a livello della lingua, diaframma, laringe, faringe,

tratti dell'apparato genitale e porzione terminale del retto, muscoli mimici, estrinseci dell'occhio e dell'orecchio

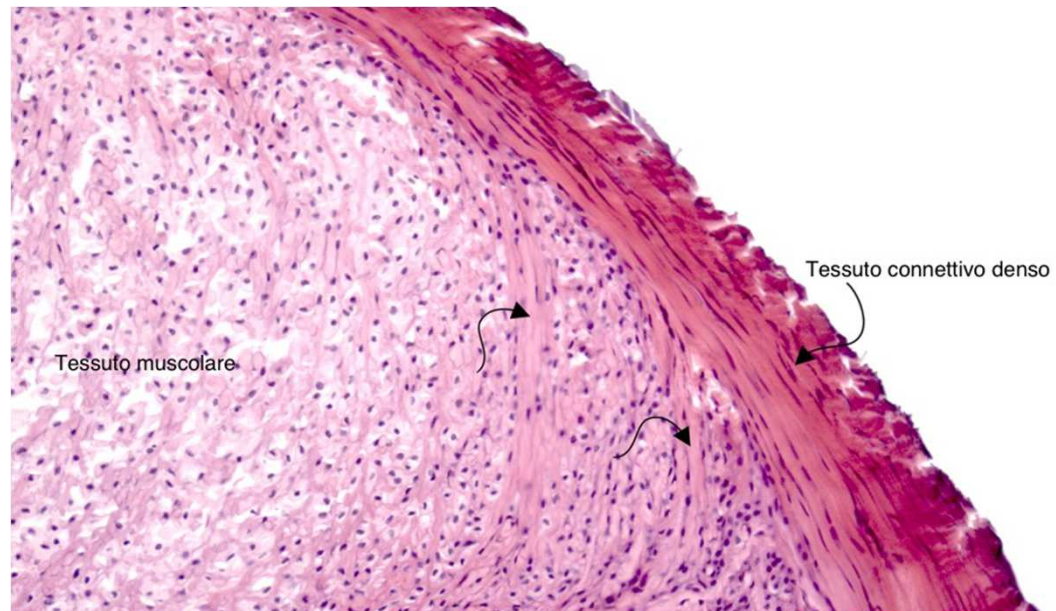


Macroscopicamente



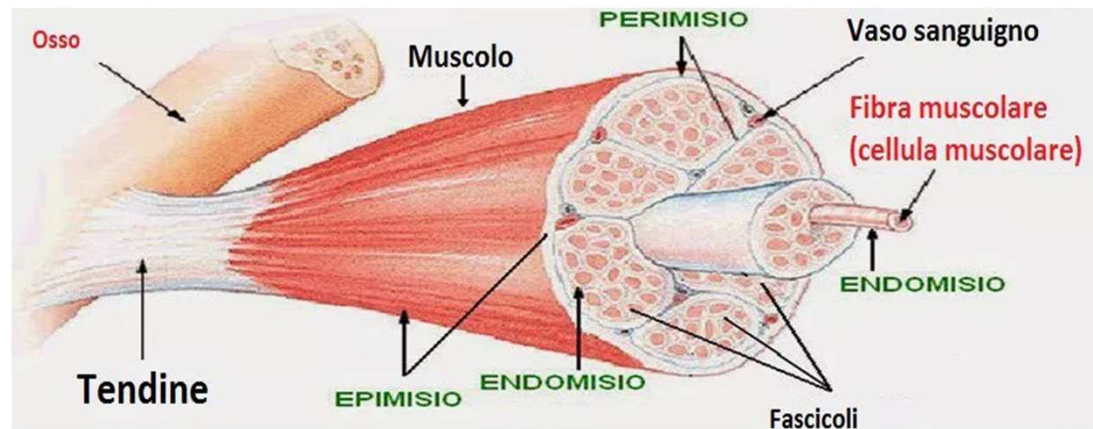
È costituito da:

- una zona centrale carnosa detta *ventre muscolare*, di colore rossastro più o meno intenso
- da due estremità tendinee di colorito madreperlaceo, i quali connettono il muscolo all'osso

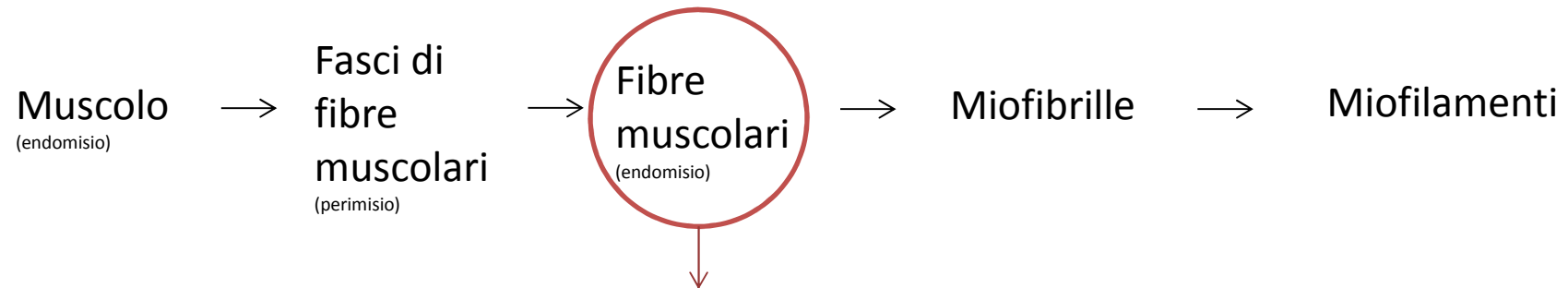


Il muscolo è sostenuto da un'impalcatura di tessuto connettivo:

- *Epimisio*: guaina connettivale densa che avvolge esternamente il muscolo
- *Perimisio*: sepimenti di collagene che originano dalla faccia interna dell'epimisio e circondano i diversi fasci muscolari
- *Endomisio*: sottili setti di fibre reticolari che originano dalla faccia interna del perimisio e avvolgono le singole fibre muscolari



Microscopicamente



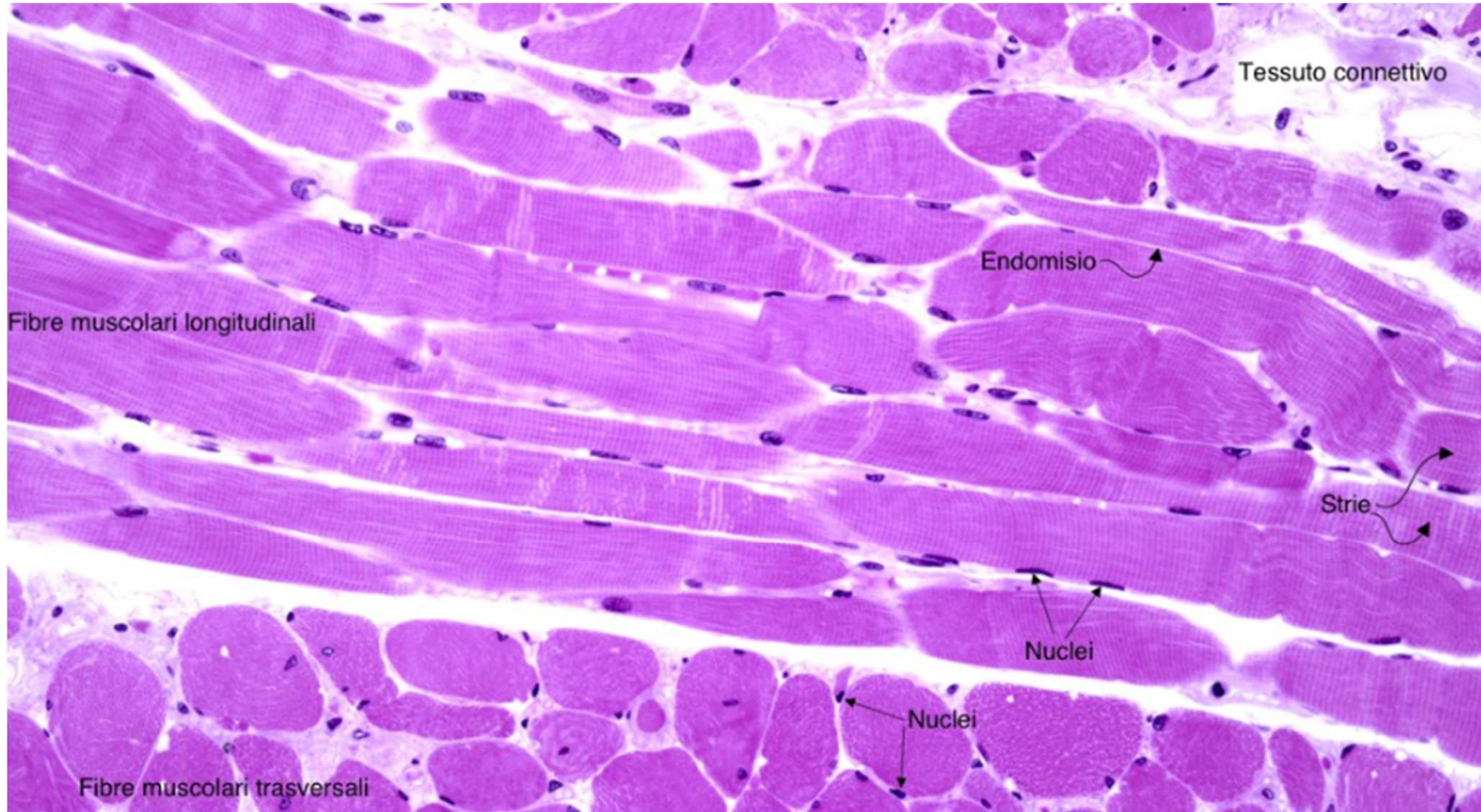
Unità funzionale del muscolo scheletrico

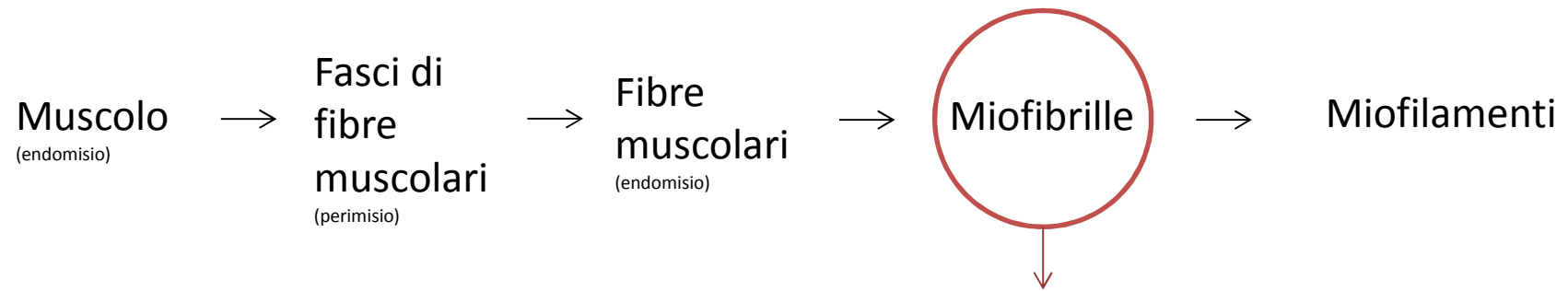
È una cellula polinucleata, allungata e cilindrica di variabile lunghezza (anche 30 cm) e larghezza (10-100µm)

I nuclei sono disposti eccentricamente nella fibra e possono raggiungere la centinaia

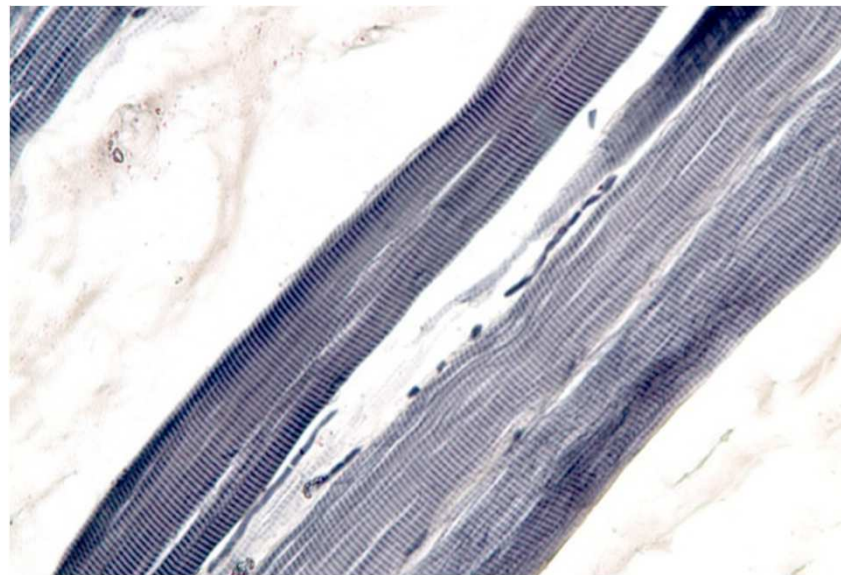
Sono immersi nel citoplasma (*sarcoplasma*) insieme alle miofibrille e ai mitocondri

La membrana plasmatica (*sarcolemma*) avvolge la fibra muscolare





Elementi contrattili che decorrono parallelamente tra loro per l'intera lunghezza della fibra
Ciascuna miofibrilla mostra bande chiare e scure alternate determinando la classica striatura

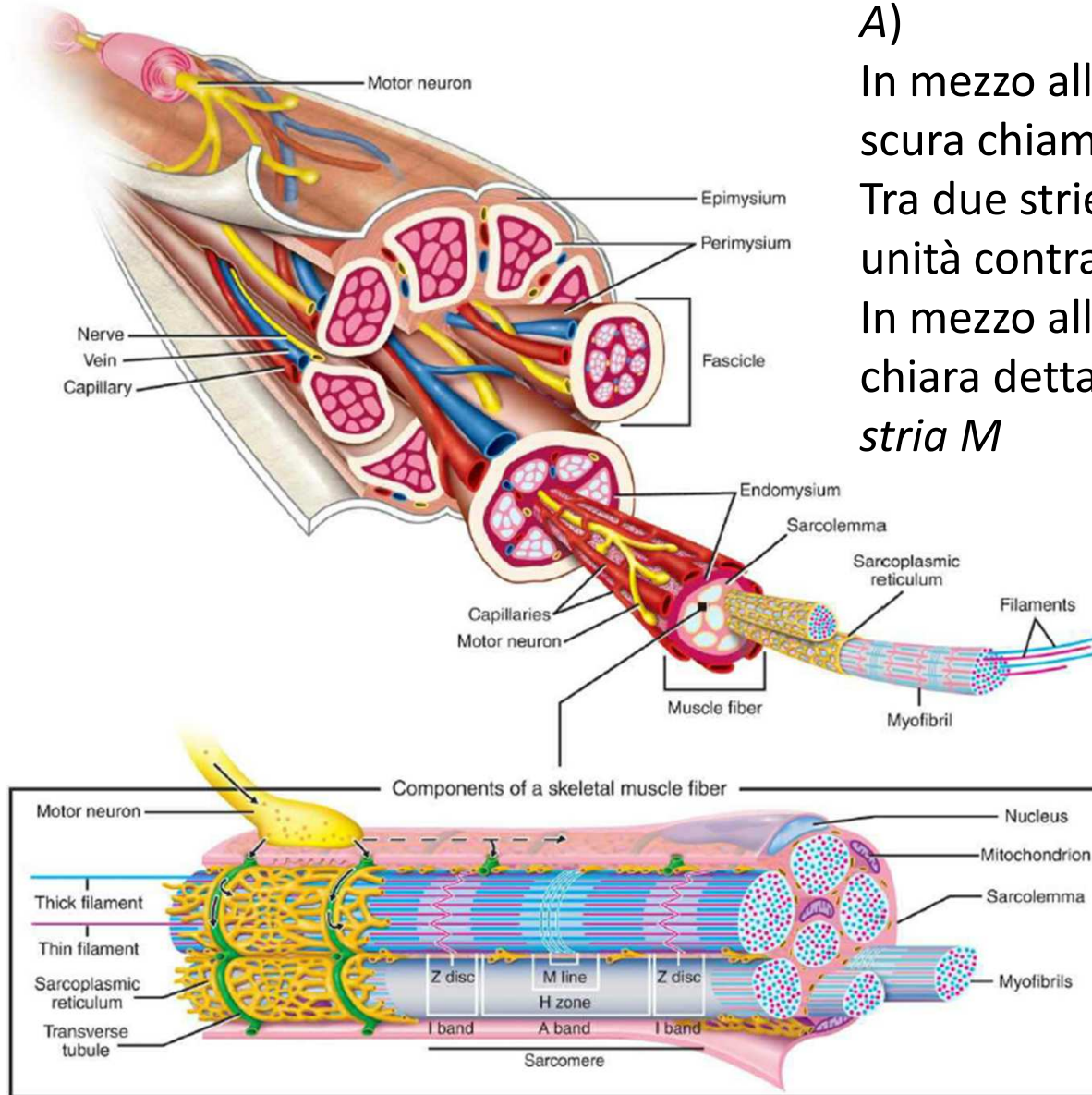


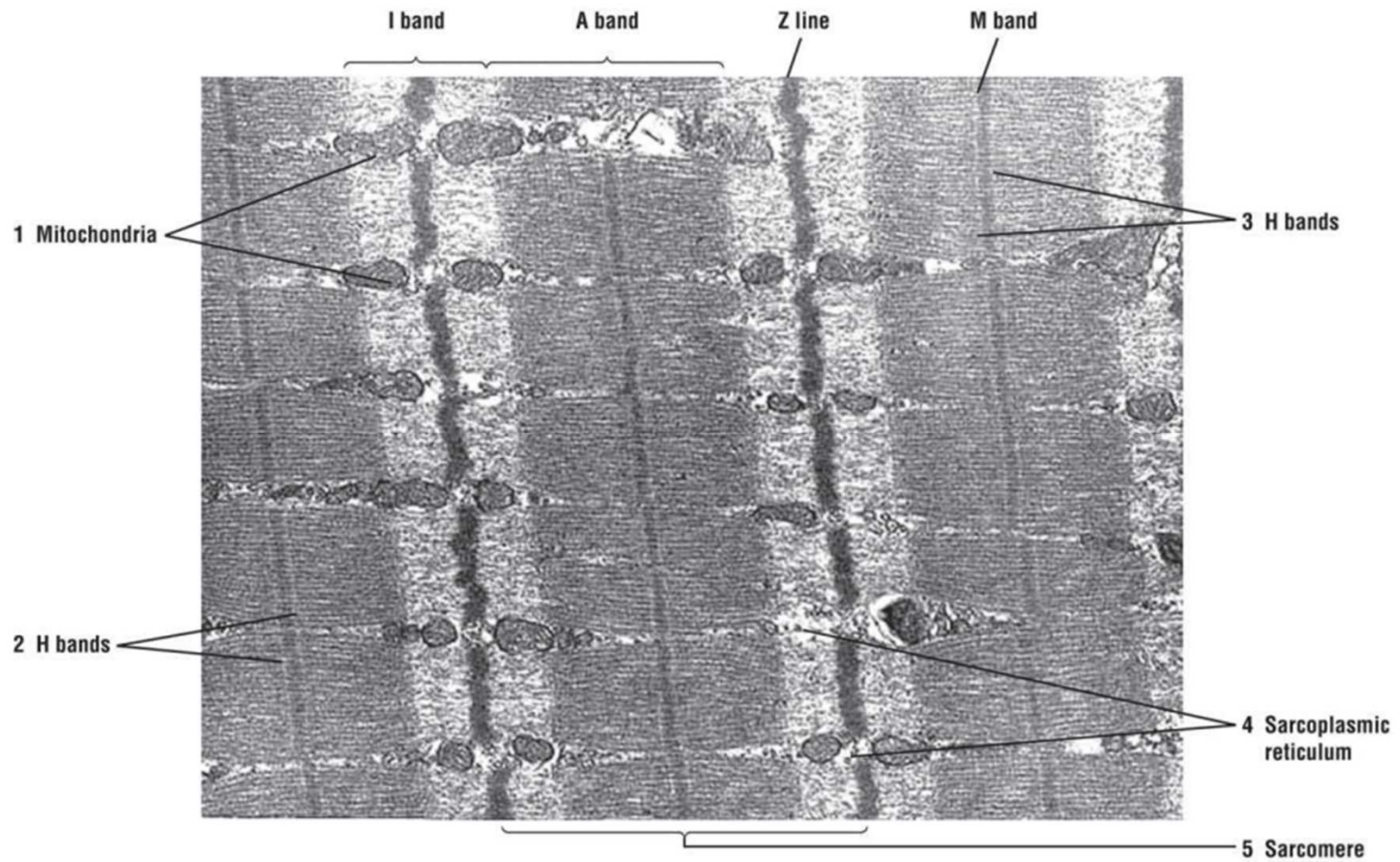
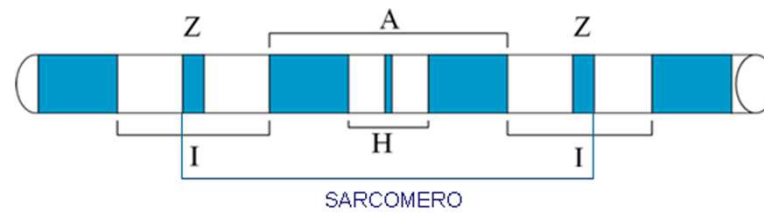
Le bande chiare sono chiamate isotrope (*bande I*), quelle scure anisotrope (*bande A*)

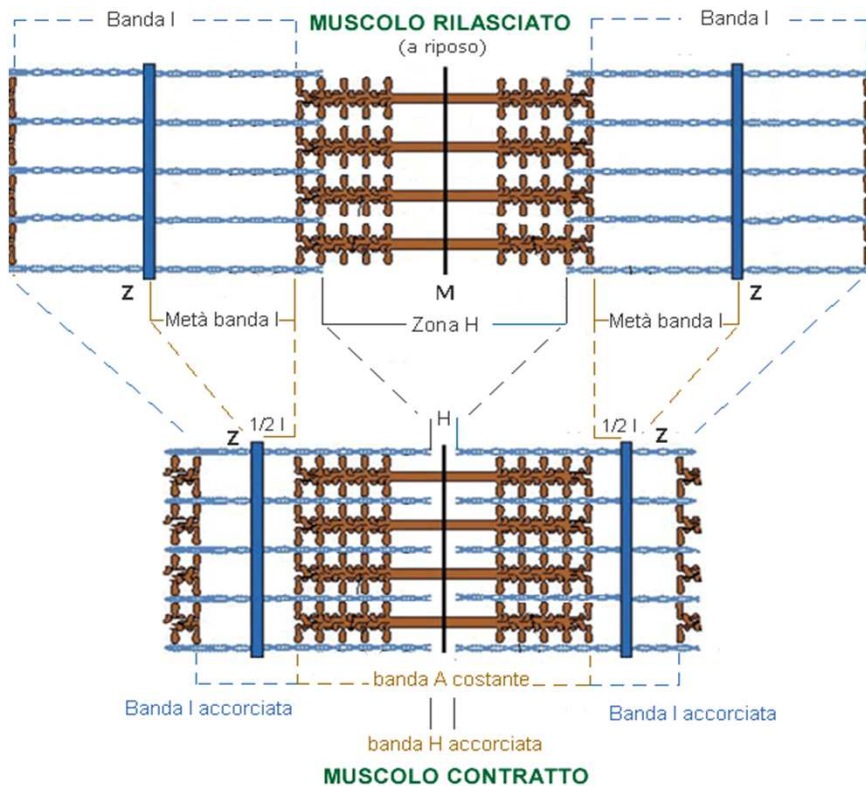
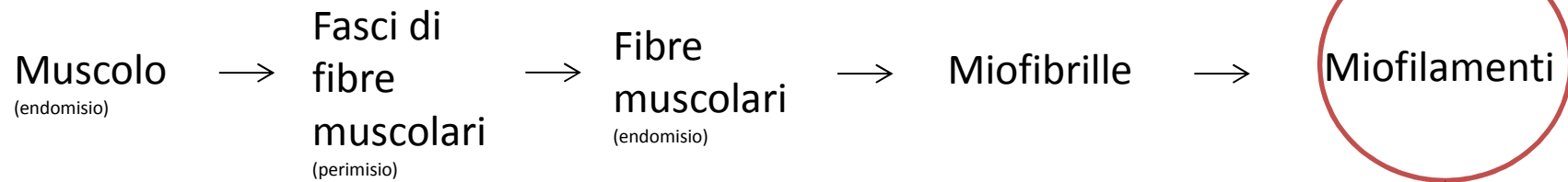
In mezzo alla banda I si ha una sottile linea scura chiamata *stria Z*

Tra due strie Z è presente il *sarcomero*, unità contrattile del muscolo scheletrico

In mezzo alla banda A si ha una zona più chiara detta *banda H* al cui centro si nota la *stria M*







Compongono la fibra muscolare
Sono si due tipi:

- *spessi* costituiti dalla proteina **miosina**
- *sottili* costituiti dall'**actina** e da due proteine troponina e tropomiosina



Esistono due categorie di fibre muscolari

Fibre rosse	Fibre bianche
Contrazione lenta	Contrazione rapida
Piccolo diametro, corte, abbondante sarcoplasma rispetto alle miofibrille e ricco di mioglobina mitocondri e gocce lipidiche	Maggiore diametro, ricche di miofibrille, pochi e piccoli mitocondri, minor concentrazione di mioglobina, ricche di glicogeno
Ricavano energia dalla fosforilazione degli acidi grassi	Ricavano energia dalla glicolisi anaerobica
Resistenti alla fatica	Meno resistenti alla fatica



Irrorazione del muscolo

Il muscolo è un tessuto riccamente vascolarizzato, tra le fibre muscolari decorre un delicatissimo plesso di capillari

Durante l'attività muscolare i capillari si dilatano e la quantità di sangue che possono contenere aumenta anche di 800 volte

La zona tendinea è molto meno perfusa perché composta da tessuto connettivo relativamente inattivo dal punto di vista metabolico

Innervazione del muscolo

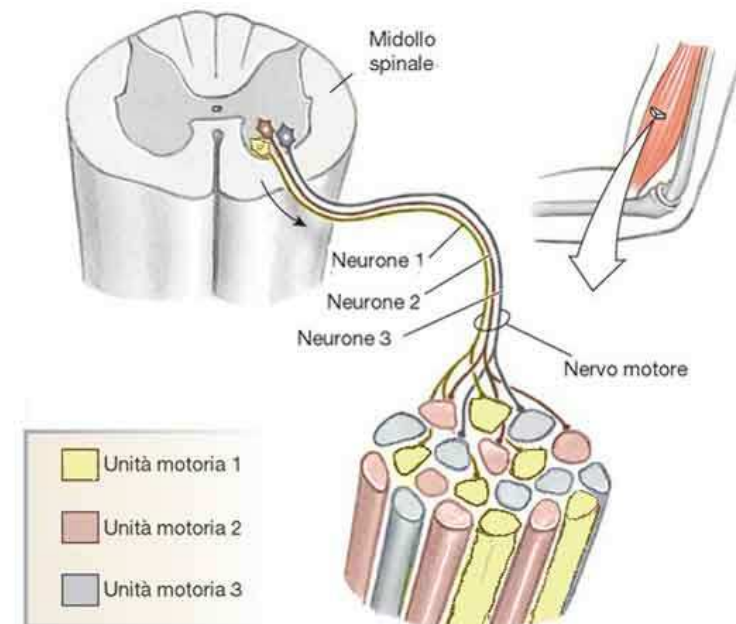
Il muscolo è innervato da due tipi di fibre nervose:

- Fibre motrici: responsabili della contrazione muscolare

Un singolo motoneurone (nel SNC) innerva molte fibre muscolari e ciascuna fibra muscolare riceve un solo ramo terminale di una fibra nervosa

La fibra nervosa penetra nel tessuto connettivo del muscolo, si divide più volte e raggiunge le fibre muscolari dove termina con una struttura chiamata *giunzione neuromuscolare o placca motrice*

➔ *Unità motoria del muscolo:*
neurone + assone + fibre muscolari
da esso innervate

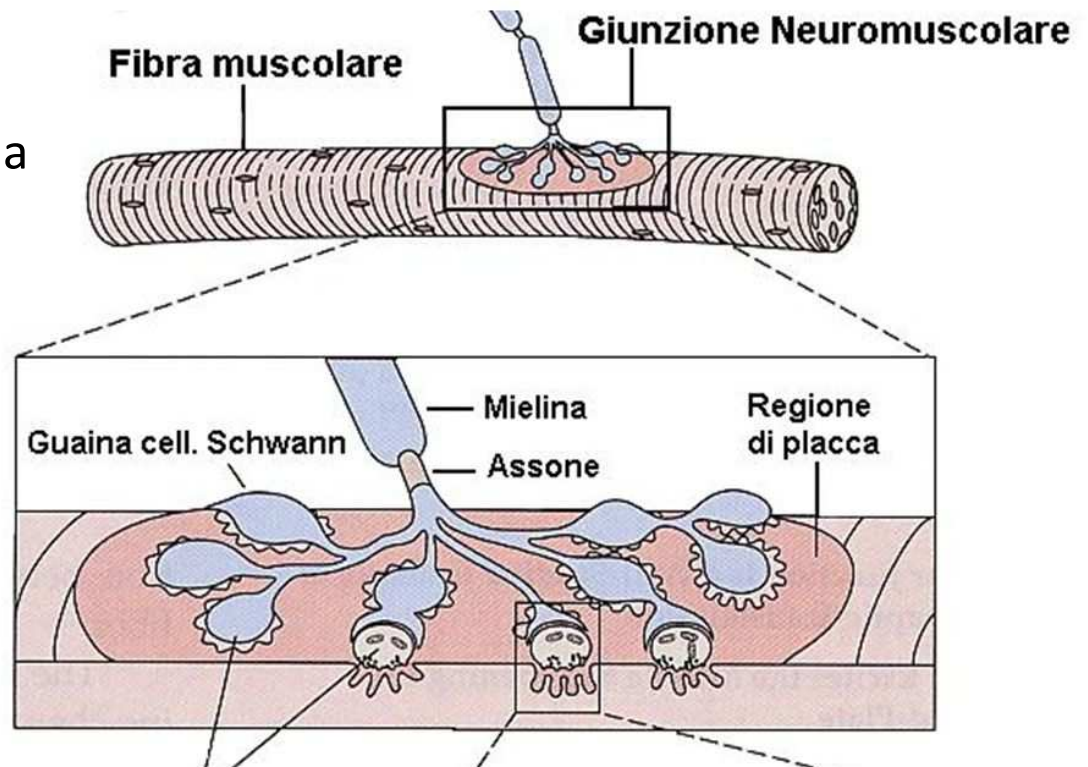


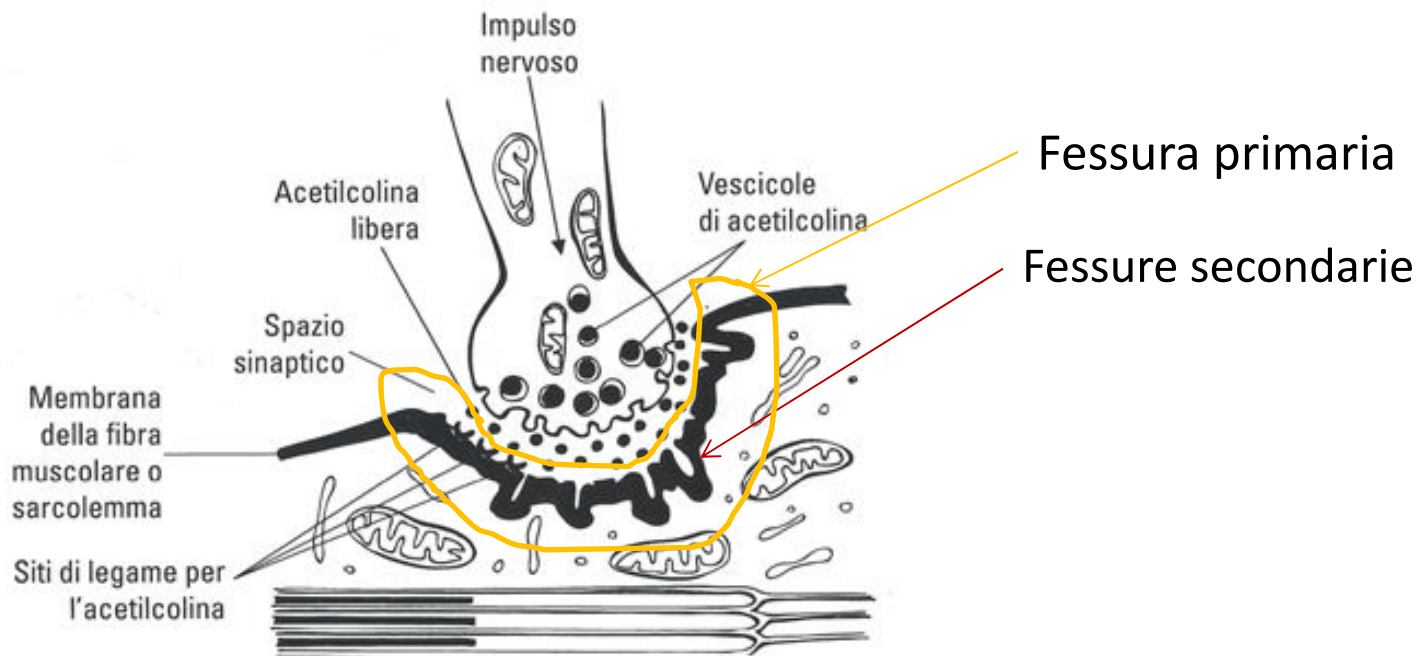
Giunzione neuromuscolare

Nella zona di contatto, le fibre nervose terminano con una serie di espansioni bottoniformi che determinano impronte sulla superficie del sarcolemma, dette *docce sinaptiche o fessure sinaptiche primarie*

In corrispondenza di queste, il sarcolemma si ripiega ripetutamente formando le *fessure sinaptiche secondarie*

La placca motrice è costituita da una *membrana presinaptica* (neurilemma) e da una *membrana postsinaptica* (sarcolemma) separate da materiale mucopolisaccaridico





Nelle terminazioni dell'assone si osservano i mitocondri e numerose vescicole contenenti un mediatore chiamato *acetilcolina*

A livello delle membrane postsinaptiche è presente l'enzima *acetilcolinesterasi*, che inattiva l'acetilcolina (per porre fine alla stimolazione della fibra muscolare)

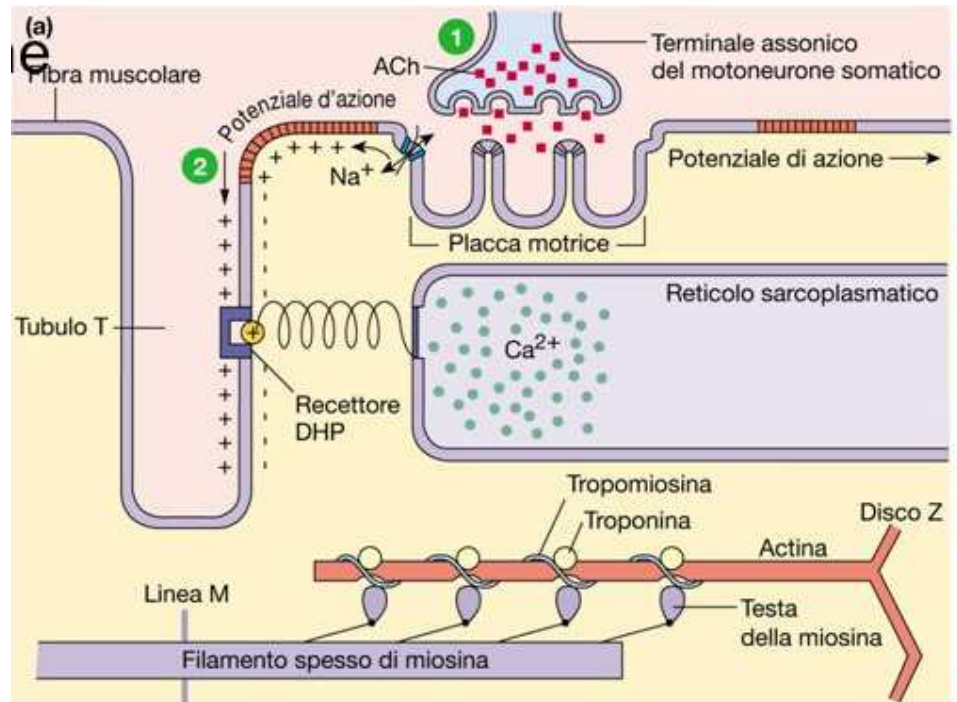
L'impulso nervoso viene condotto lungo tutto l'assone del motoneurone e arriva alla giunzione neuromuscolare

Viene rilasciata l'acetilcolina nella doccia sinaptica che interagisce con il suo recettore, posto sul sarcolemma della fibra muscolare

Questo legame favorisce l'apertura di canali ionici presenti sul sarcolemma e l'ingresso dello ione sodio (Na) all'interno della fibra, in questo modo la fibra muscolare si depolarizza

L'impulso si distribuisce lungo il sarcolemma e raggiunge il reticolo sarcoplasmatico (REL) della fibra causando l'apertura di canali del calcio (Ca)

Il Ca esce nel sarcoplasma e lega i filamenti sottili che scivolano tra loro e attivano la contrazione muscolare



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.

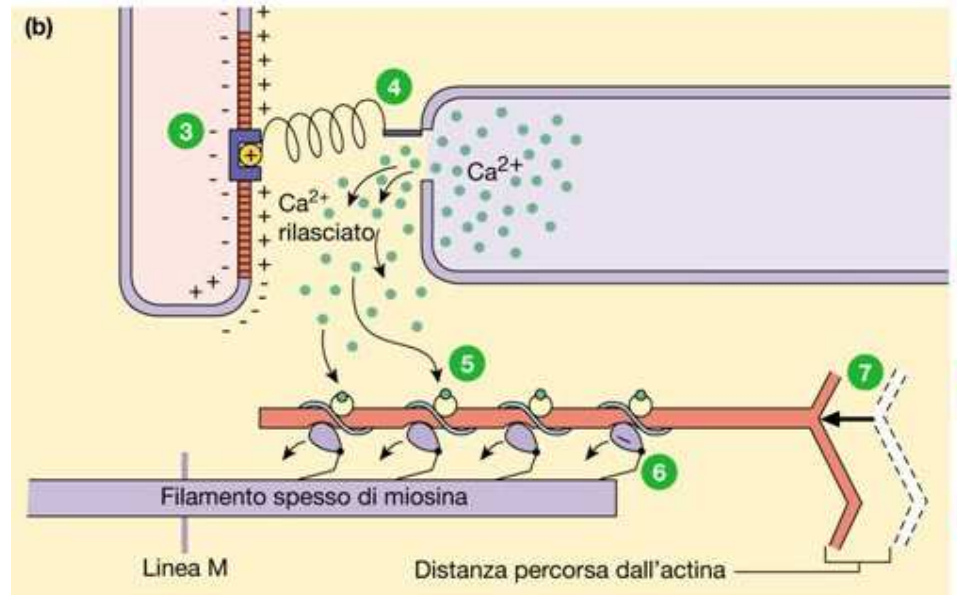
3 Il potenziale d'azione nei tubuli T altera la conformazione del recettore DHP.

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.

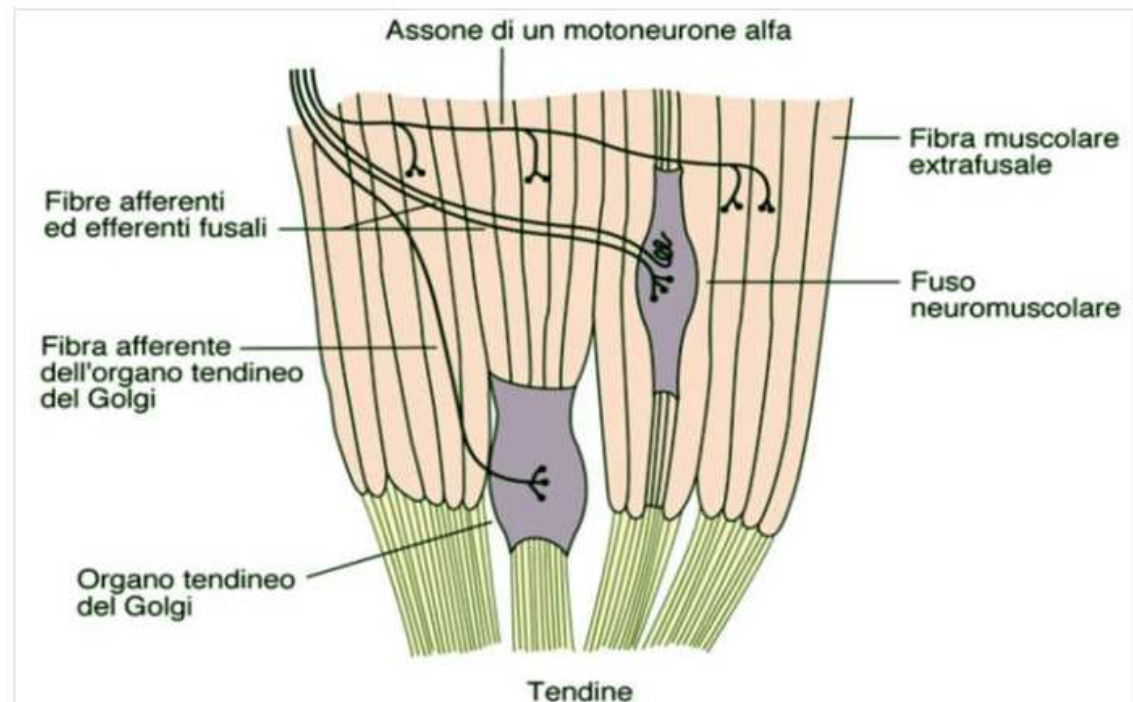
7 I filamenti di actina scorrono verso il centro del sarcomero.



- Fibre sensitive: hanno la funzione di proteggere il muscolo durante la sua attività e informano il sistema nervoso dello stato di contrazione del muscolo

Fusi neuromuscolari: fibre muscolari specializzate avvolte in una guaina di tessuto connettivo e disposte tra le normali fibre e percepiscono l'allungamento del muscolo

Organi muscolotendinei: organo disposto a livello della giunzione muscolotendinea, ha la capacità di percepire un aumento della tensione muscolare o tendinea



Tessuto muscolare striato cardiaco

Costituisce il *miocardio di lavoro*

Ha caratteristiche intermedie in quanto come il muscolo scheletrico le contrazioni sono forti ed utilizzano molta energia ma, come il muscolo liscio, le contrazioni sono continue, involontarie e regolate dal sistema nervoso vegetativo

Le fibre muscolari cardiache sono chiamate *cardiomiociti*

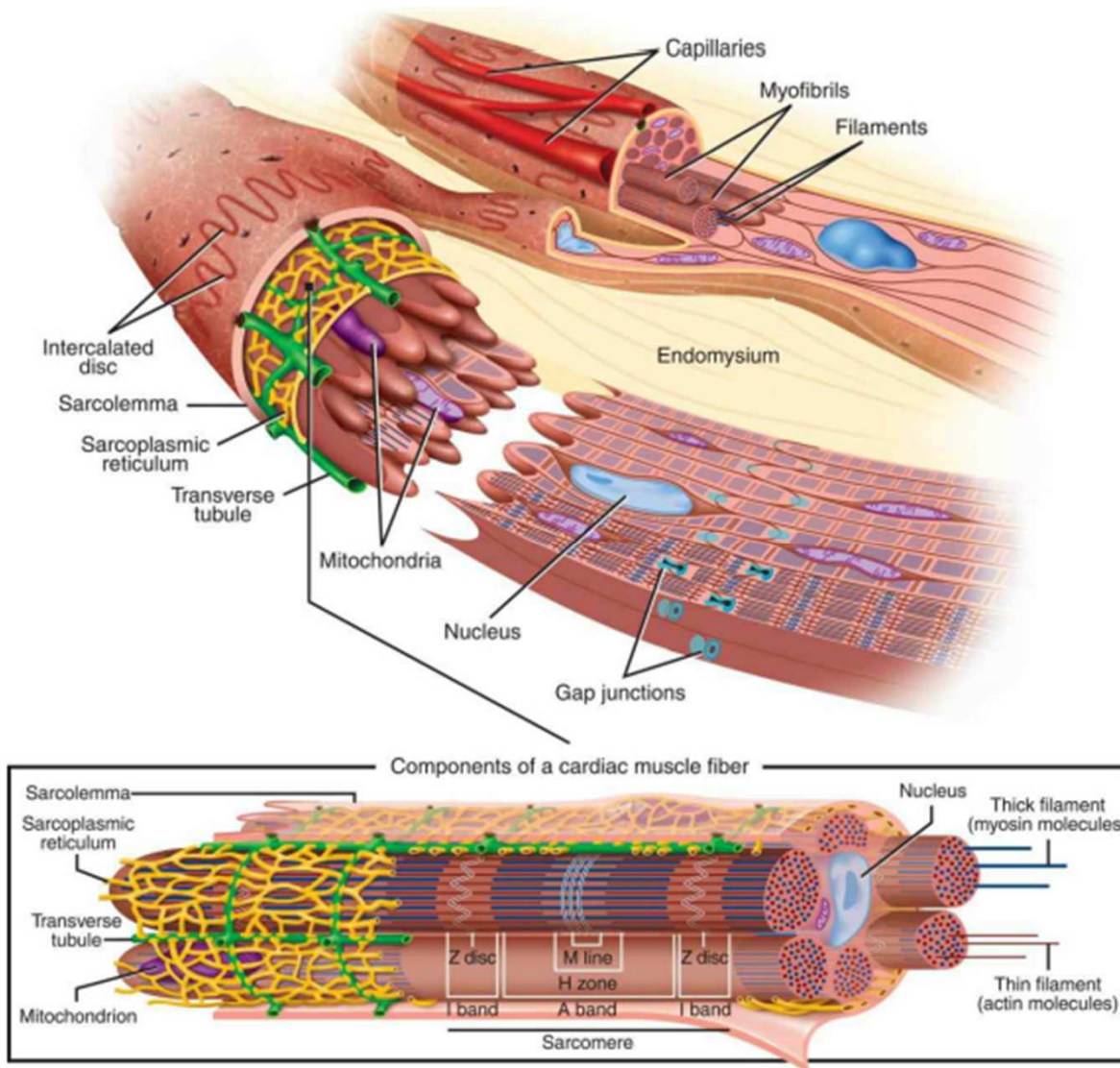
Sono lunghe cellule cilindriche mononucleate, talvolta biforcute, con un nucleo ovoidale posto al centro della cellula

Hanno numerosi mitocondri disposti tra le fibre

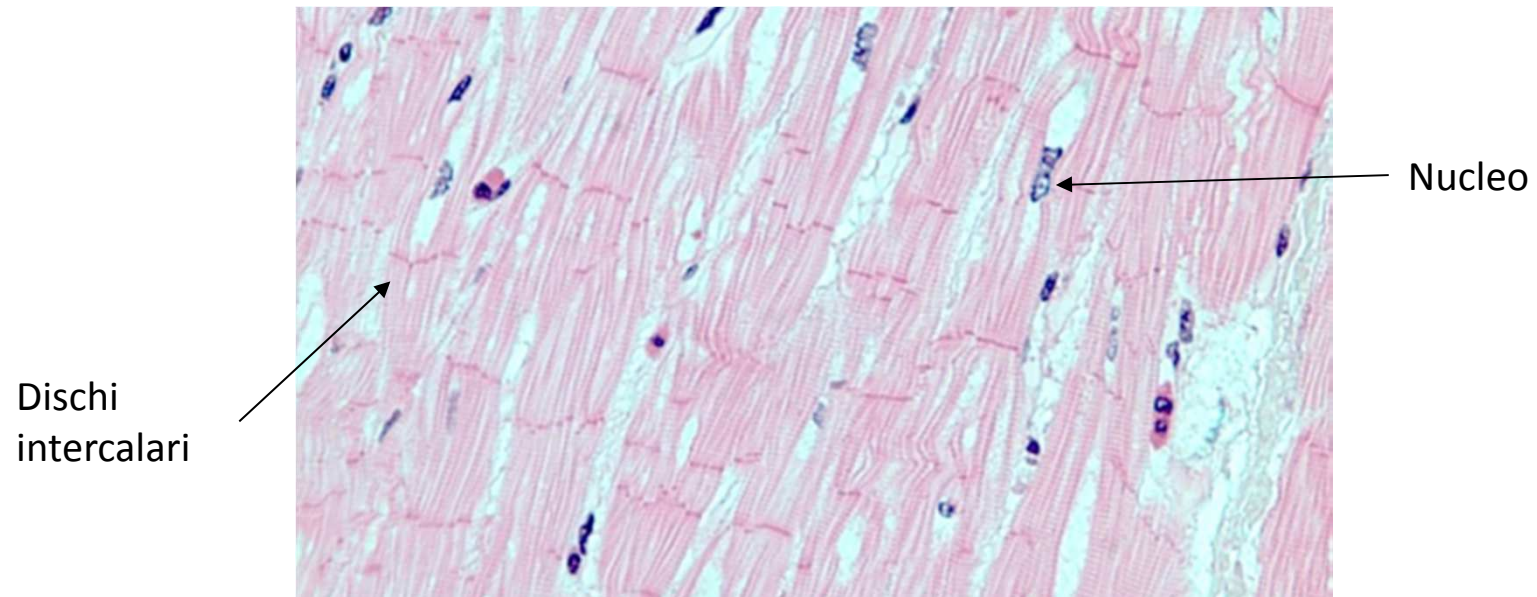
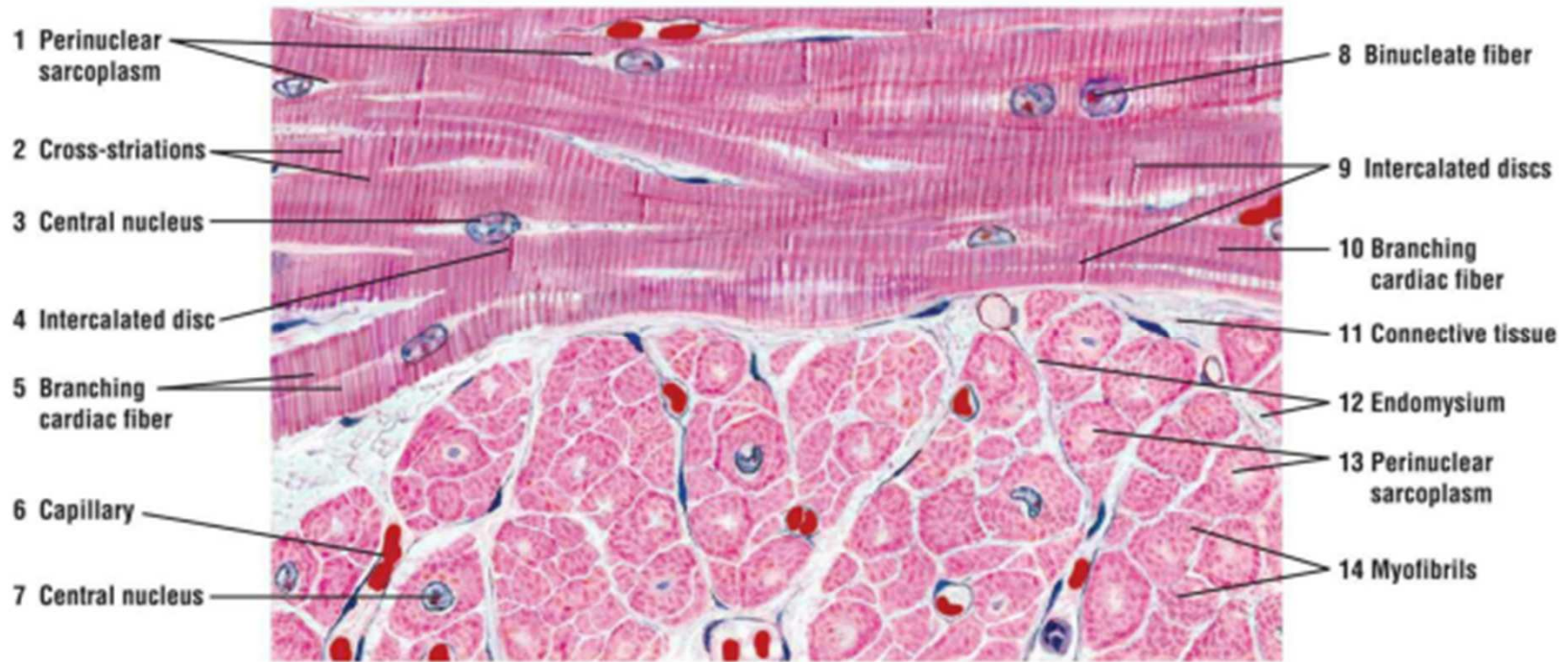
Abbondante sarcoplasma ricco di glicogeno e lipidi

Miofibrille simili al muscolo scheletrico

Caratteristica unica sono i *dischi intercalari* a livello della stria Z, a questo livello le cellule aderiscono tra loro tramite interdigitazione



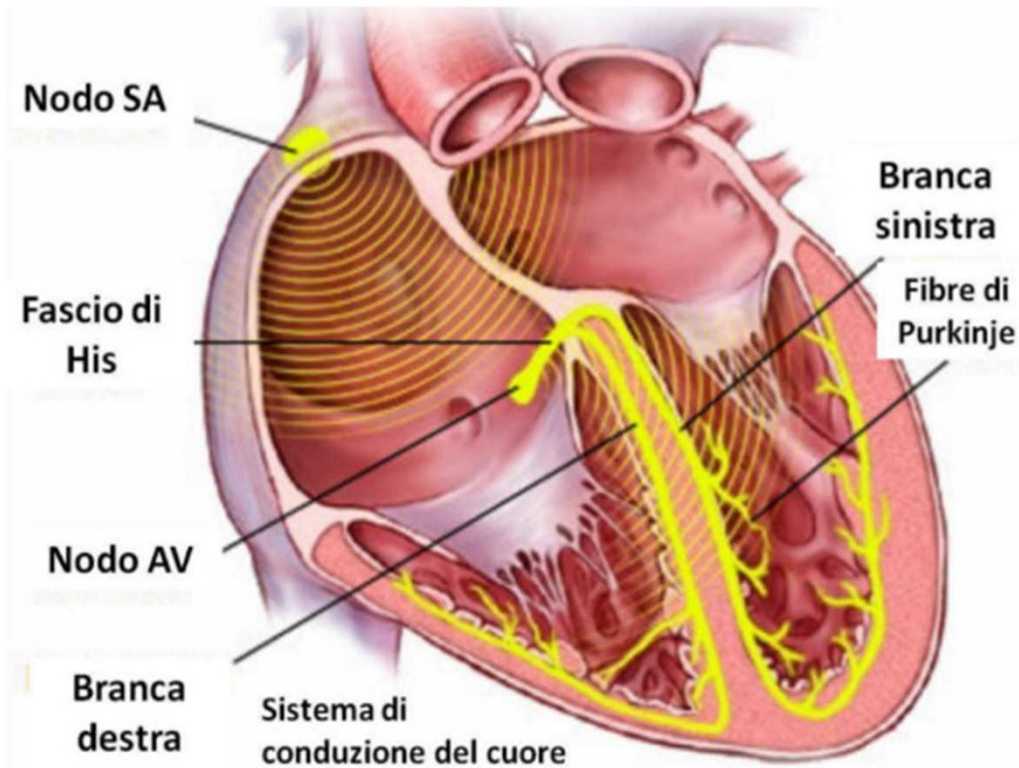
Sono zone di giunzione specializzate caratterizzate da *fasce aderenti* (importanti per l'ancoraggio dei filamenti sottili al sarcolemma), *desmosomi* (importanti per la ripartizione delle forze di tensione durante la contrazione) e le *giunzioni serrate* (forniscono continuità ionica tra il citoplasma di diversi cardiociti)



Particolarità del tessuto muscolare cardiaco è il suo rapporto con il sistema nervoso

Il miocardio si contrae in modo ritmico e autonomo ed è modulato dal sistema nervoso vegetativo

L'impulso che genera la contrazione origina dal *miocardio di conduzione*

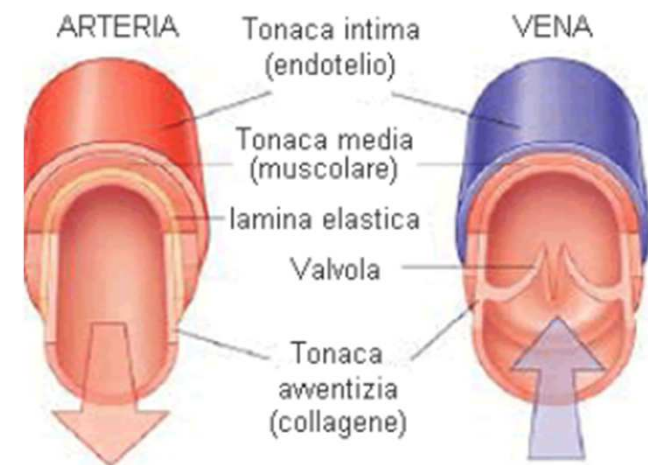
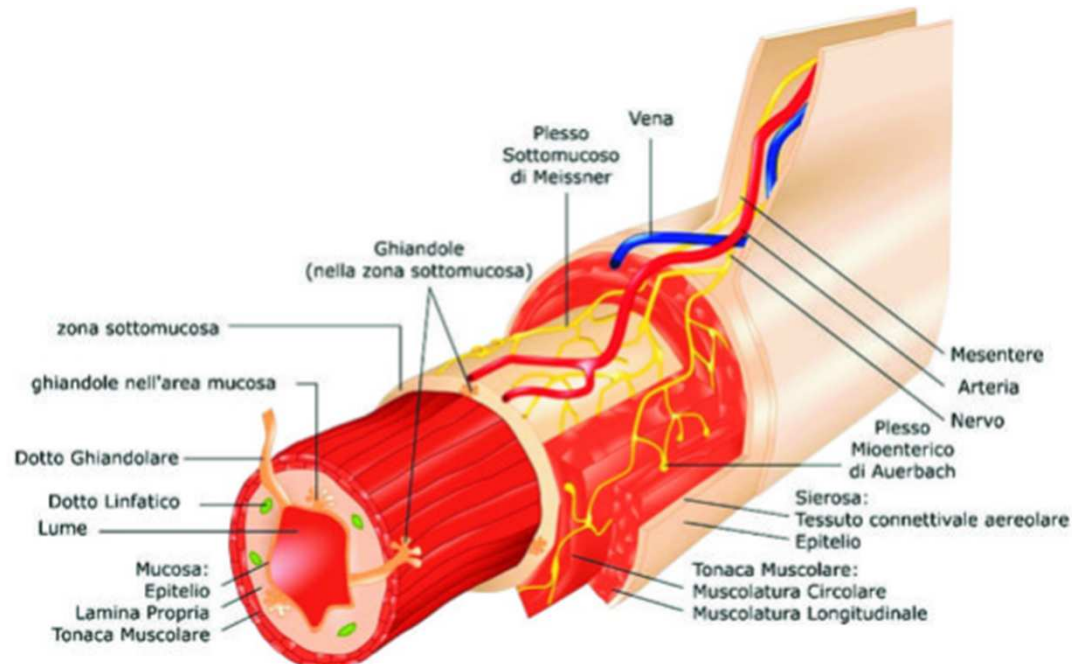


Le fibre di Purkinje sono più voluminose dei comuni cardiociti da lavoro, hanno pochi miofilamenti e sono ricche di glicogeno. Mancano i dischi intercalari.

Tessuto muscolare liscio

Costituisce:

- Le tonache muscolari degli organi cavi (tubo digerente), vie respiratorie e apparato urogenitale
- I dotti escretori di numerose ghiandole
- Parete di vene arterie e linfatici
- Alcuni tratti della cute (muscolo erettore del pelo e del capezzolo)
- Muscoli dell'iride e del corpo ciliare (occhio)



Microscopicamente è costituito da unità distinte tra di loro

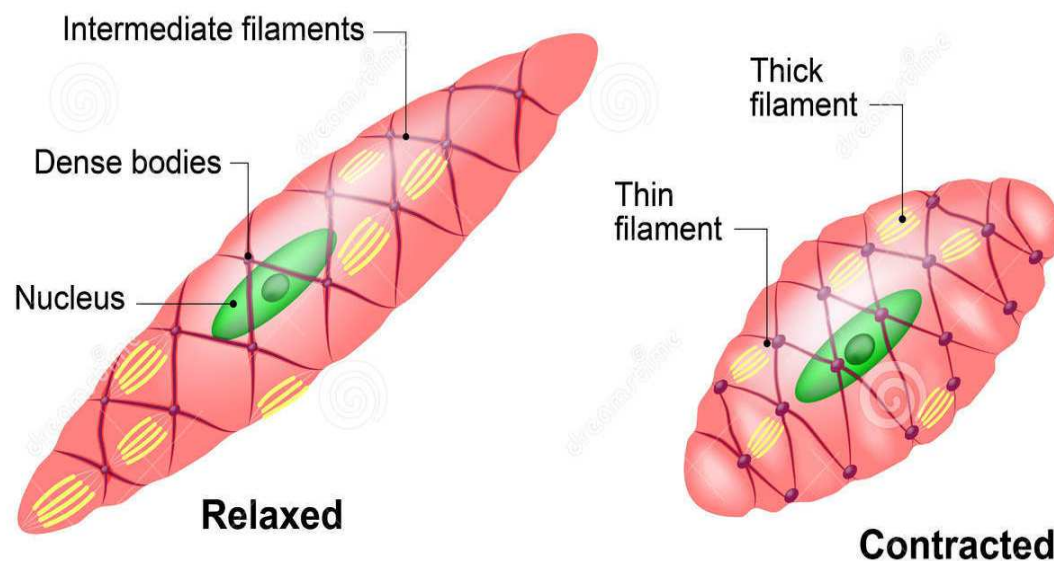
Le *fibrocellule muscolari lisce* sono cellule allungate, di forma fusata

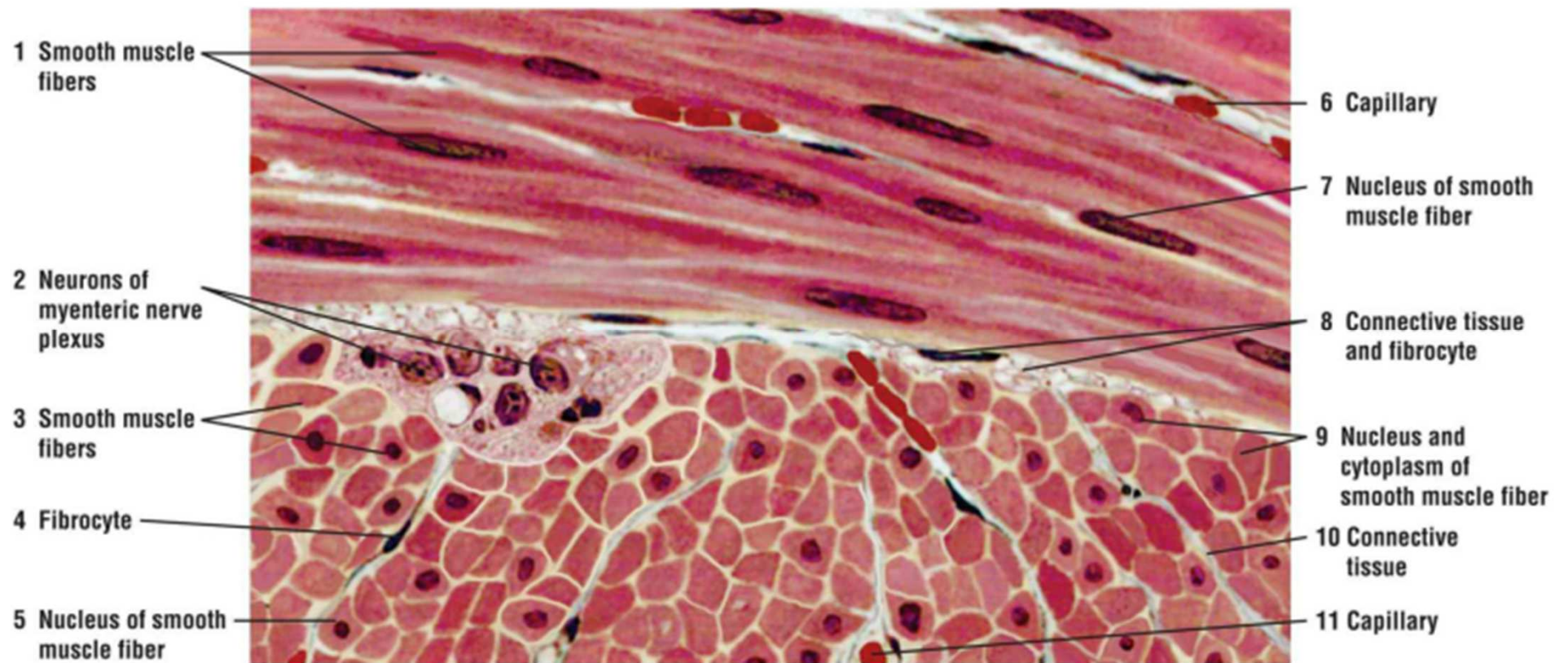
Sono mononucleate, il nucleo ha forma allungata ed è al centro della cellula

Nel sarcoplasma sono presenti molti mitocondri

I miofilamenti sono costituiti da miosina e actina ma sono disposti con un'organizzazione diversa rispetto al muscolo striato

I fasci di proteine contrattili si incrociano tra loro formando un reticolo e si ancorano a punti detti *addensamenti focali* presenti intorno alla cellula

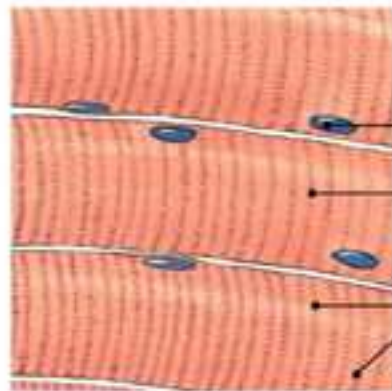




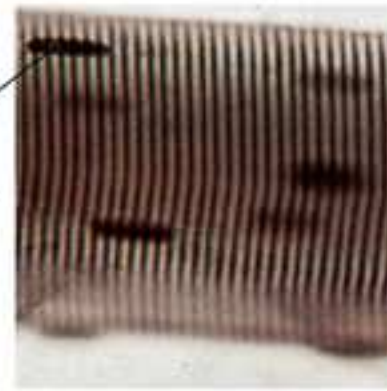
Esistono due tipi di muscoli lisci:

- *Muscoli lisci unitari o tonici*: intestino, utero e vie urinarie. Le cellule generano spontaneamente una debole contrazione ritmica, evocata anche per mezzo di stiramenti, ed è trasmessa da una cellula all'altra attraverso gap junctions. Sono innervati dal SNA che incrementa o diminuisce il ritmo delle contrazioni spontanee.
- *Muscoli lisci multiunitari o fascici*: muscolo ciliare dell'occhio, muscoli erettori del pelo, parete del dotto deferente. In questo caso il SNA controlla la contrazione in modo preciso, L'eccitamento non si propaga da cellula a cellula ma ciascuna miofibrilla è innervata in modo indipendente. Sono caratterizzati da contrazioni precise e rapide.

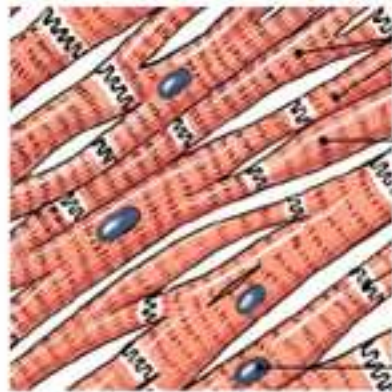
Skeletal muscle



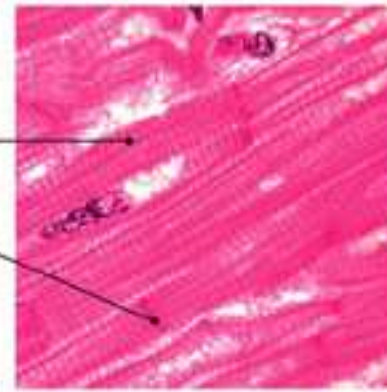
Nucleus
Muscle fiber (cell)
Striations



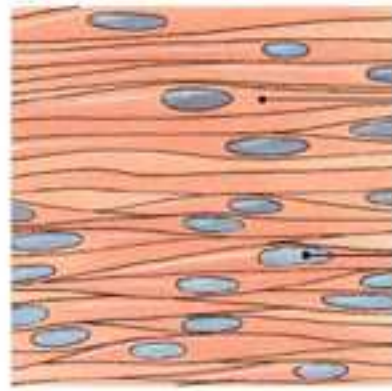
Cardiac muscle



Striations
Muscle fiber
Intercalated disk
Nucleus



Smooth muscle



Muscle fiber
Nucleus

