



# Principi di bioingegneria

## Lezione 3

### Tessuti biologici

Gabriele Maria Fortunato

[gabriele.fortunato@unipi.it](mailto:gabriele.fortunato@unipi.it)

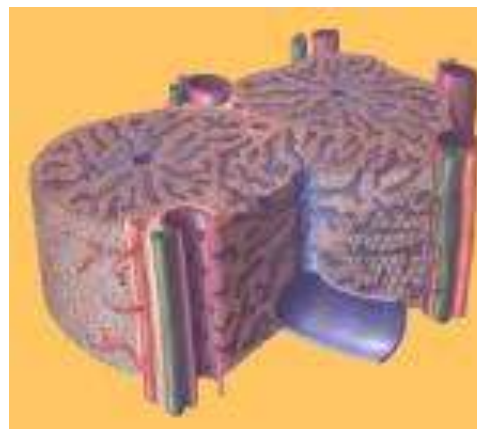
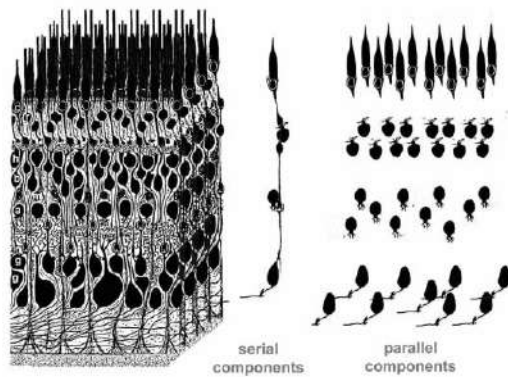
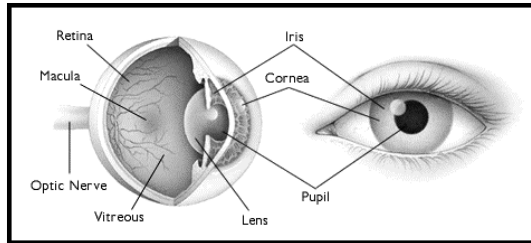


Retina

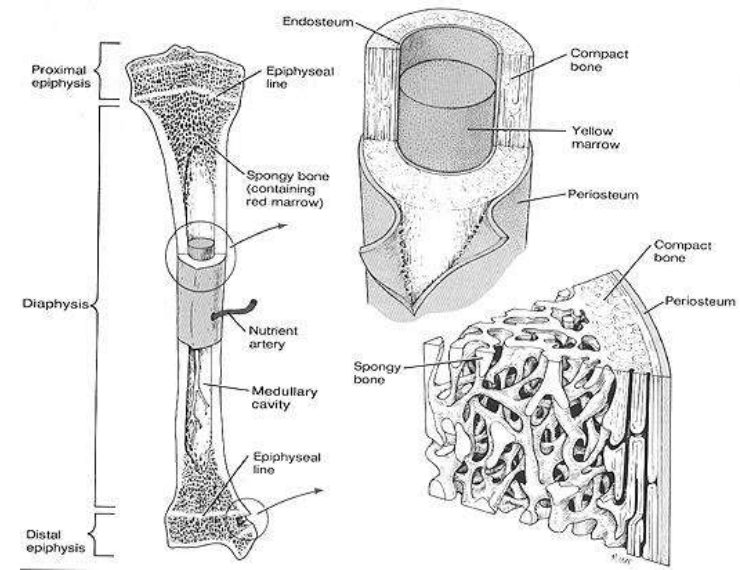
# Struttura

# Funzione

## Fegato



## Osso



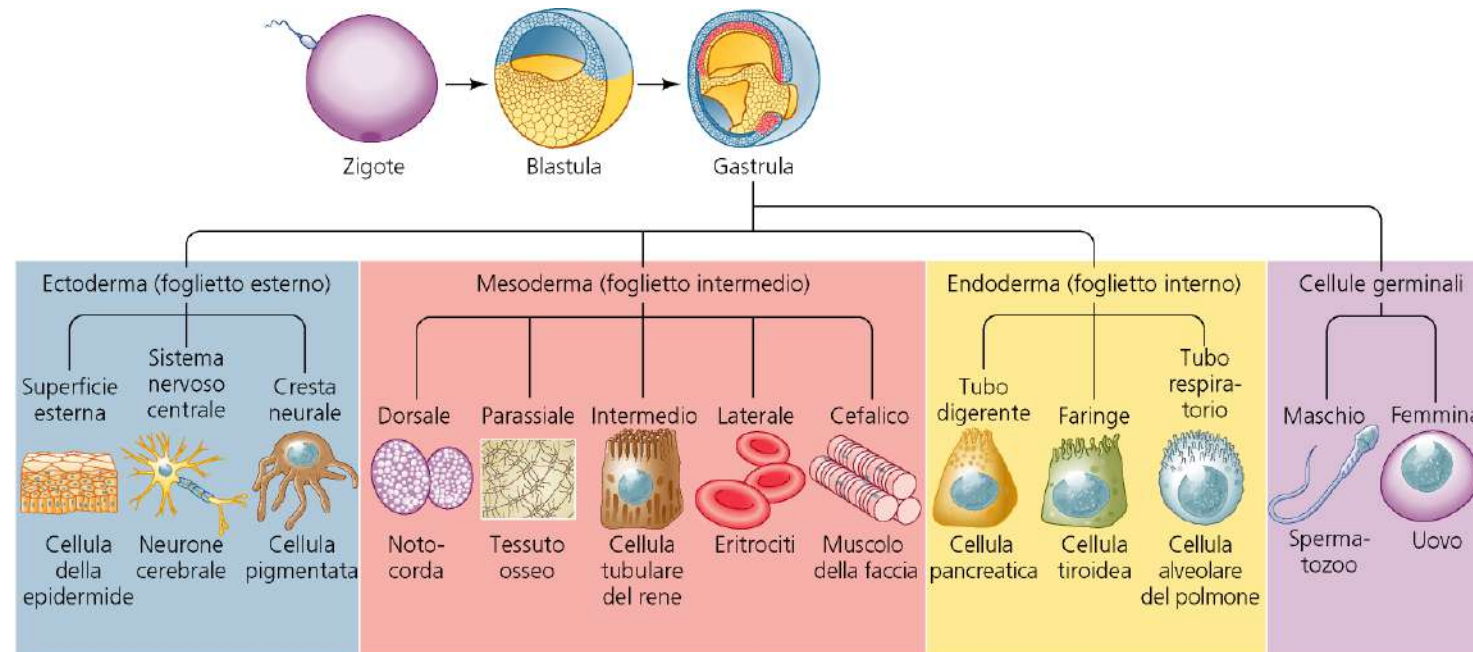
# I Tessuti

Gli organi del corpo umano sono formati da vari tessuti. Ogni tessuto costituisce un unico sistema vitale di cellule e di sostanza intercellulare con una struttura definita ed una funzione definita. I tessuti hanno acquisito la loro struttura e la loro funzione nel processo di evoluzione del regno animale. I tessuti dell'organismo si dividono in 4 gruppi:

- Tessuto epiteliale
- Tessuto connettivo
- Tessuto muscolare
- Tessuto nervoso

# I TESSUTI DERIVANO DAI FOGLIETTI EMBRIONALI

Primi stadi dello sviluppo



progressivo differenziamento

# Tessuto epiteliale

Il tessuto epiteliale forma lo strato esterno della pelle, ricopre la superficie interna della mucosa e delle membrane e forma le ghiandole.

La caratteristica comune di tutto il tessuto epiteliale è che è composto principalmente da cellule ed ha pochissima sostanza intercellulare.

Le cellule epiteliali presentano forme diverse e generalmente formano strati. L'epitelio è separato dai tessuti sottostanti da una membrana molto sottile, chiamata membrana basale.

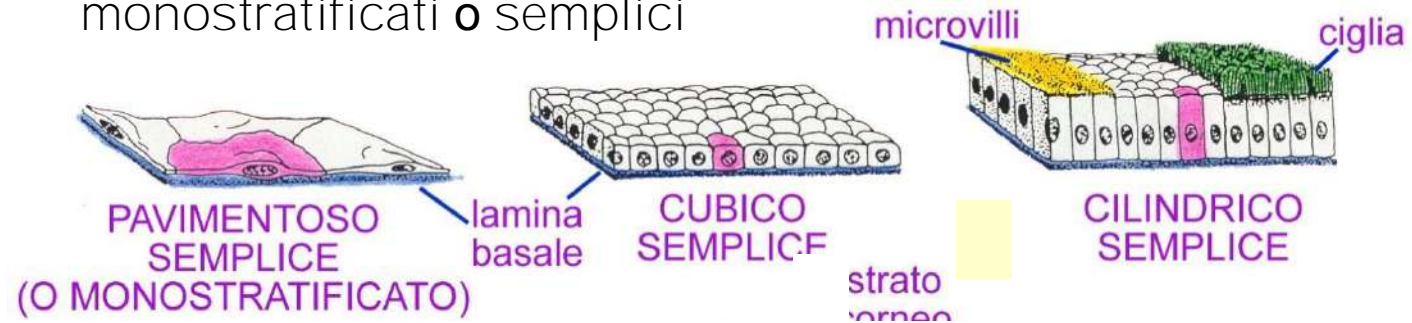
Ci sono tre principali tipi di epitelio, che prendono il nome dalle forme delle cellule:

- Cilindrico
- Cubico
- Squamoso

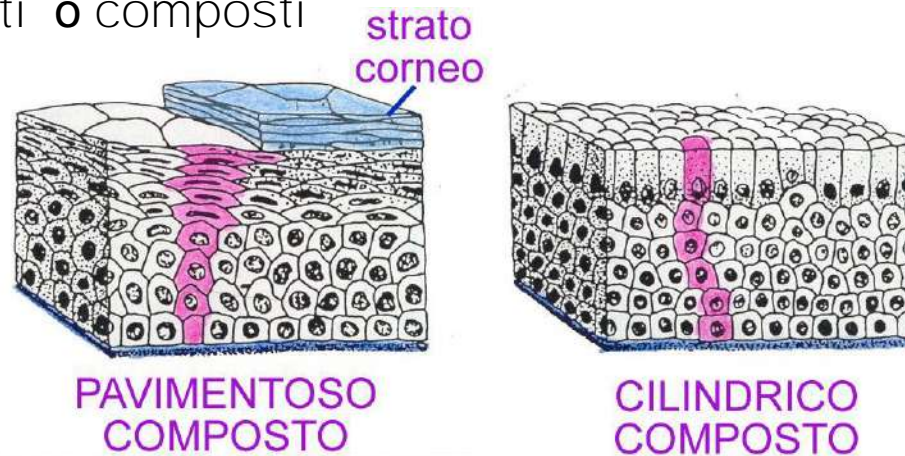


# Tessuto epiteliale: classificazione

monostratificati o semplici



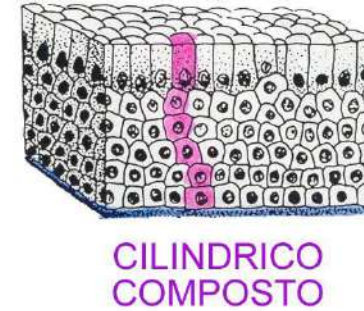
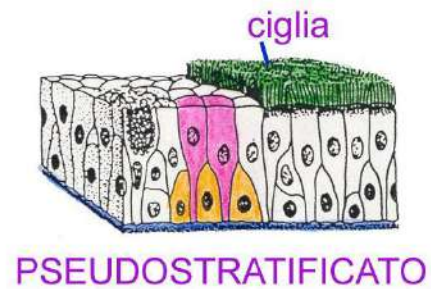
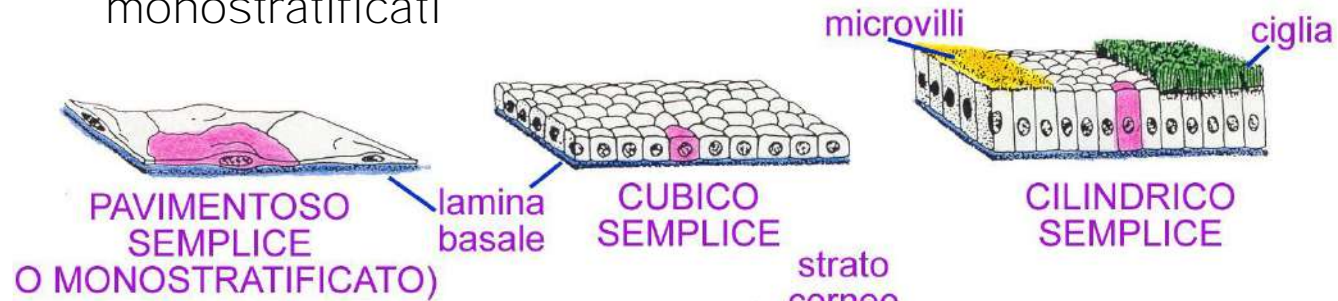
pluristratificati o composti





# Epiteli di rivestimento

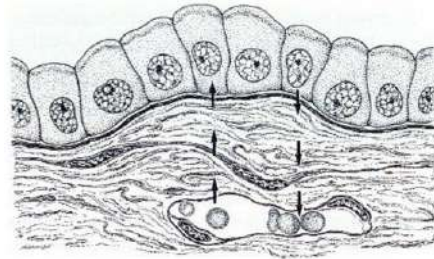
monostratificati



# Epiteli di rivestimento

GLI EPITELI DI RIVESTIMENTO

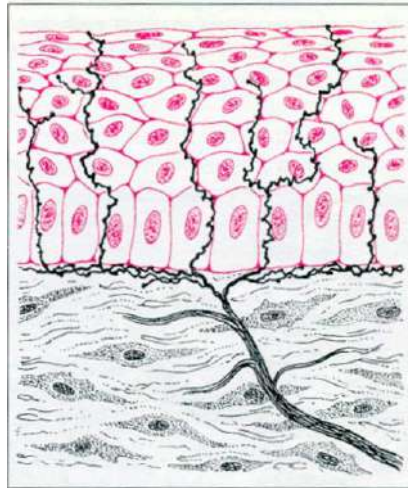
sono privi di vasi,



membrana basale  
(collagene non organizzato in fibrille,  
proteoglicani, glicoproteine)  
interposta tra epitelio e  
connettivo

poggiano sempre su un connettivo propriamente detto

...e sono ricchi di terminazioni nervose





# Epitelio cilindrico semplice (batiprismatico, colonnare)

il più diffuso!

- apparato digerente  
(stomaco, cistifellea)

DOTTI ECRETORI  
GHIANDOLE

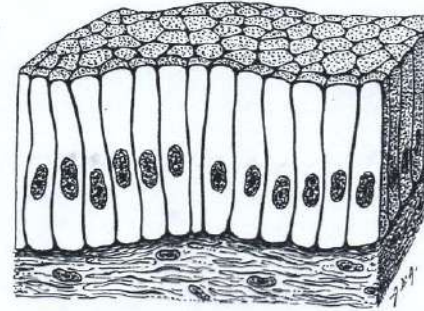
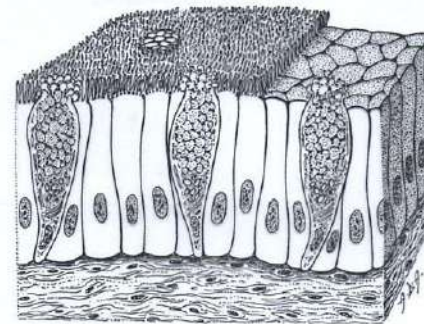


Fig. 1.25 Schema di epitelio cilindrico o batiprismatico semplice.

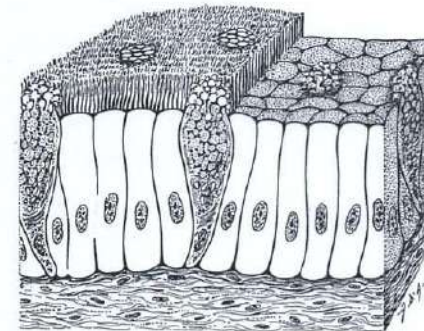
- apparato digerente  
(intestino tenue)



con microvilli

Fig. 1.26 Schema di epitelio cilindrico semplice le cui cellule presentano microvilli sulla superficie apicale. Tra queste si trovano cellule caliciformi mucipare.

- vie genitali femminili  
(ovidutti)



con ciglia

Fig. 1.27 Schema di epitelio cilindrico semplice cigliato; si notano cellule caliciformi mucipare accanto alle cellule ciliate.

# Tessuto epiteliale

Nell'epitelio semplice le cellule sono predisposte in diversi strati. Le cellule dell'epitelio stratificato hanno di solito delle proprie caratteristiche (es. forma, dimensione, etc).

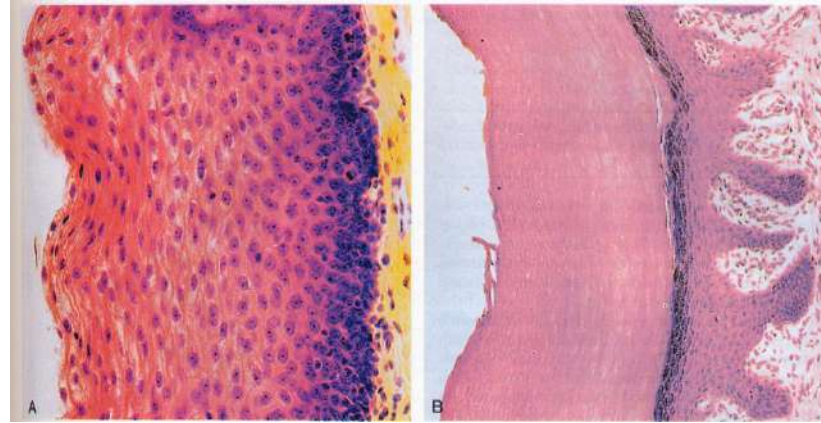
Tali tipi di tessuto epiteliale si distinguono a seconda delle loro proprietà funzionali connesse alle loro peculiarità strutturali.

- Epitelio tegumentario forma lo strato esterno della pelle e di alcune mucose (la cavità orale, parte della faringe, ecc). L'epitelio è stratificato. Il suo strato più interno è detto epitelio germinale. È formato da cellule cilindriche, che sono usate per rimpiazzare le altre cellule dell'epitelio. Lo strato successivo è formato da cellule spinose che sono interconnesse tra loro tramite le loro spine. Le cellule esterne sono appiattite e gli strati esterni dell'epitelio tegumentario sono formati da sottili piastrine che si desquamano gradualmente (e vengono gettate via). Queste piastrine esterne (ad esempio, nell'epitelio della pelle) contengono una sostanza densa callosa. L'epitelio tegumentario ha una funzione protettiva, protegge l'organismo dall'azione di vari agenti chimici, termici e meccanici. Allo stesso tempo prende parte al metabolismo: alcuni prodotti di scarto vengono espulsi attraverso esso, il calore viene eliminato anche attraverso di lui, etc.

epitelio pavimentoso pluristratificato  
o squamoso

NON cheratinizzato

con strato corneo  
o cheratinizzato

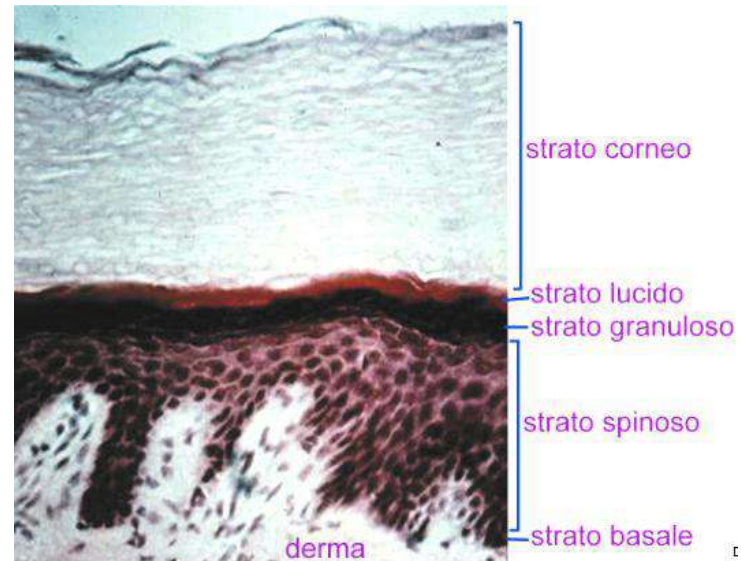


X 500

X 125

EPI DERMIDE

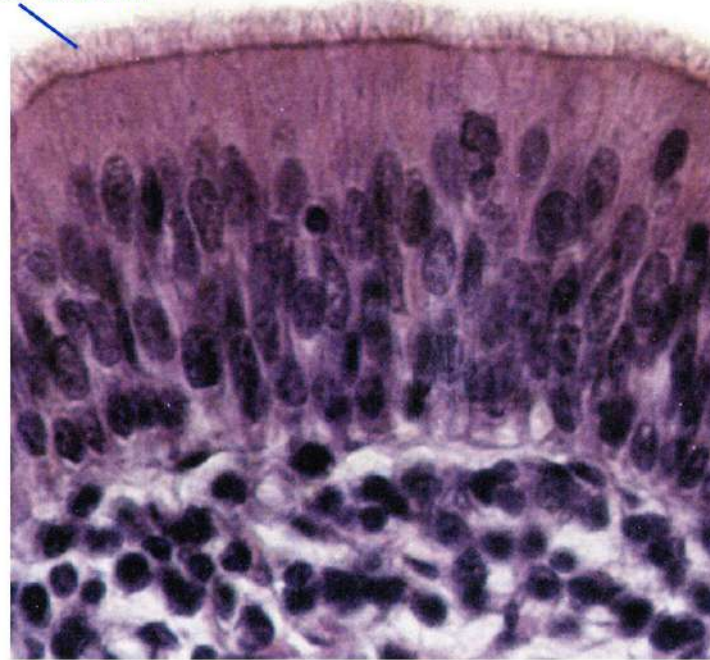
papille  
dermiche



# EPITELIO PSEUDOSTRATIFICATO CIGLIATO DI TRACHEA (sez. long.), H&E

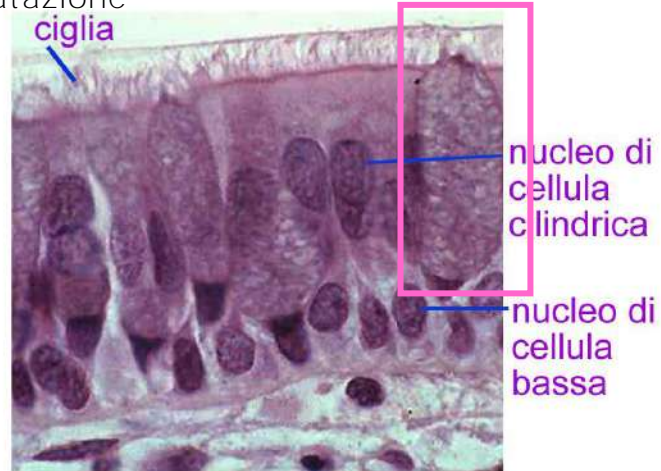
VIE RESPIRATORIE

ciglia vibratili



## MUCO

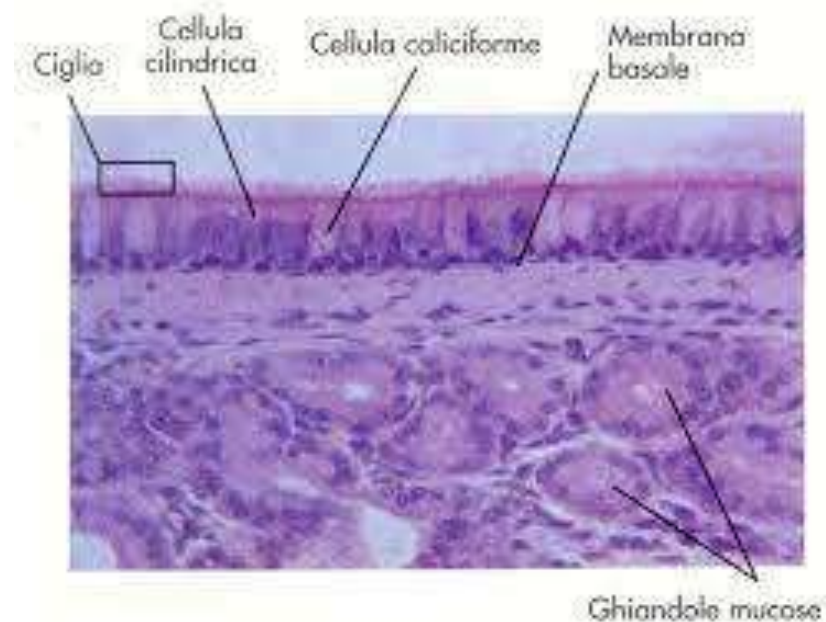
- spostamento particelle
- contro disidratazione





# Tessuto epiteliale

- Epitelio cigliato ricopre la mucosa del tratto respiratorio. È semplice. Sulla superficie del condotto del tratto respiratorio le sue cellule sono fornite di ciglia vibratili. Esse vibrano in modo ondulatorio nella direzione opposta al flusso dell'aria inalata, ed espellono particelle di polvere presenti nell'aria, che poi fissano sulla mucosa. Così l'epitelio cigliato del tratto respiratorio gioca un ruolo protettivo essenziale. Negli esseri umani l'epitelio cigliato è presente anche nelle vie urinaria, dove le vibrazioni delle ciglia aiutano l'ovulo a muoversi.

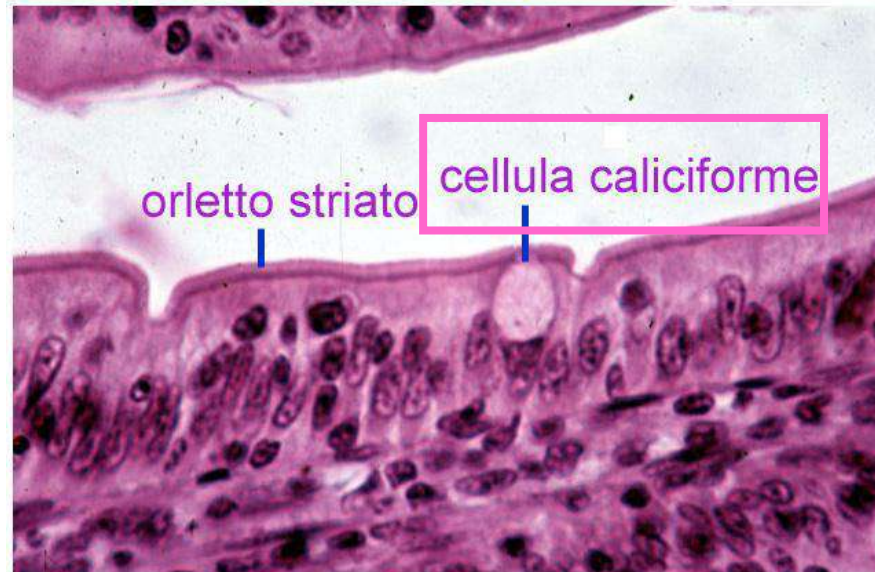




# Tessuto epiteliale

Epitelio Intestinale forma la mucosa di certe parti dell'intestino. È un semplice epitelio cilindrico e la sua funzione principale è quella di assorbire le sostanze nutritive prodotte dalla digestione del cibo. L'epitelio intestinale gioca anche un ruolo protettivo nel salvaguardare i tessuti sottostanti dall'azione digestiva dei succhi gastrici.

## EPITELIO CILINDRICO SEMPLICE, H&E



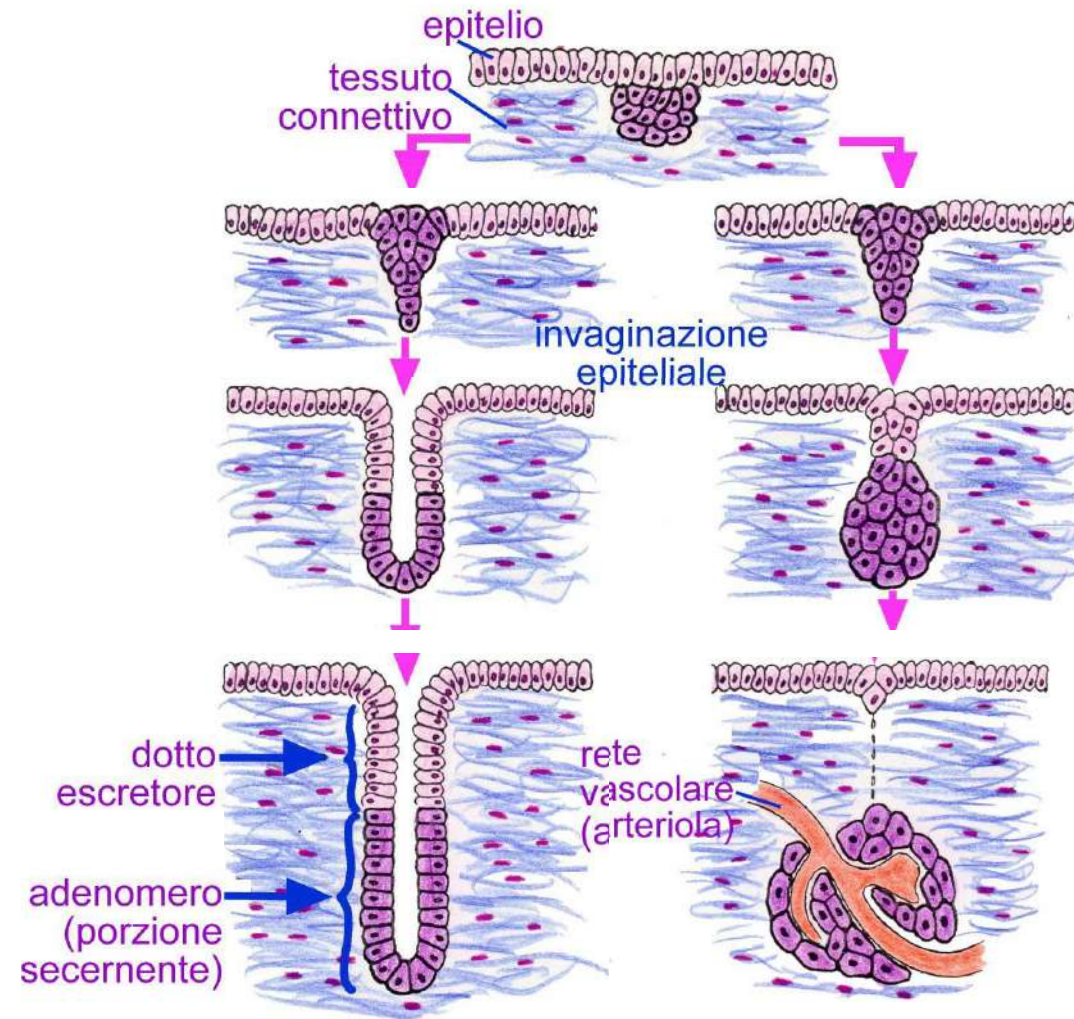
MICROVILLI  
diametro 50-100 nm  
lunghezza 1-2  $\mu\text{m}$

**MUCO**  
- adsorbimento  
- contro autodigestione

# Tessuto epiteliale

- Epitelio Ghiandolare è il tessuto principale di organi speciali detti ghiandole. Le cellule dell'epitelio ghiandolare producono e liberano delle sostanze speciali. Questa funzione delle ghiandole è detta funzione secretoria e le sostanze che producono sono note come secrezioni. In certi casi, la capacità di produrre secrezioni è peculiare di cellule individuali, presenti nello strato epiteliale, queste sono le ghiandole unicellulari (ad esempio, le cellule a calice dell'epitelio intestinale, che secernono il muco). In altri casi, delle secrezioni specifiche vengono prodotte da organi complessi, le ghiandole multicellulari (le ghiandole salivari, la ghiandola della tiroide, ecc). Alcune ghiandole hanno dei canali escretori, liberano le loro secrezioni direttamente nel sangue e sono note come ghiandole endocrine.

## Origine epiteliale delle ghiandole



### GHIANDOLA ESOCRINA

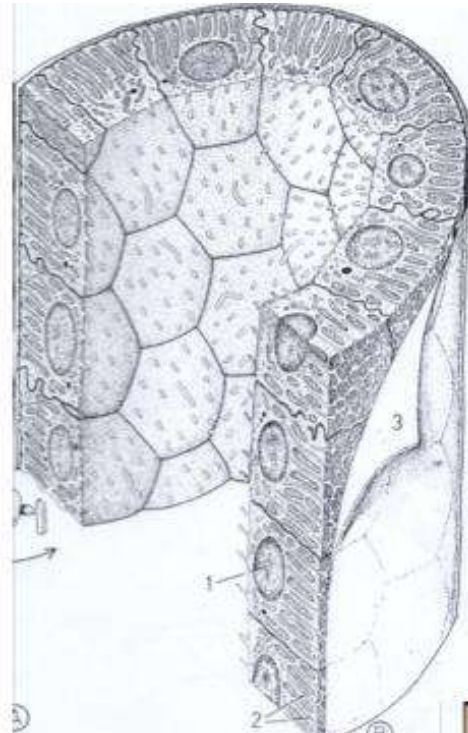
secreto veicolato da dotto/ i sulla superficie dell' epitelio di origine

### GHIANDOLA ENDOCRINA

secreto veicolato dai vasi sanguigni in altri distretti dell'organismo

# Tessuto epiteliale

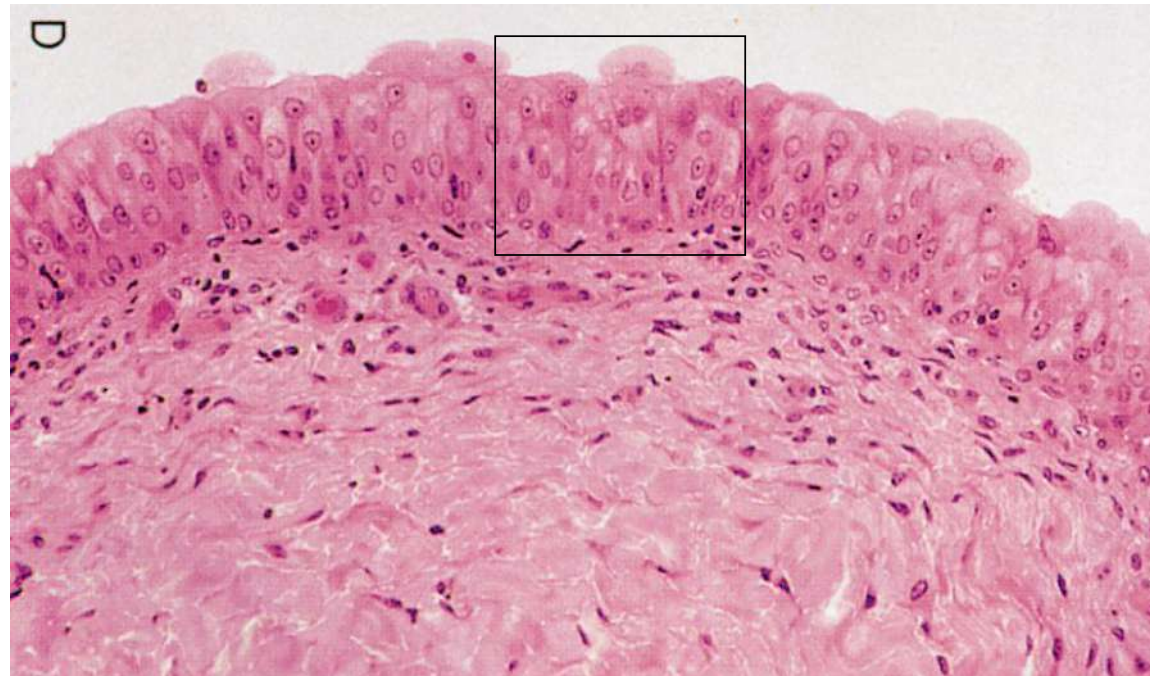
- Epitelio delle vie urinarie forma la parte principale della sostanza renale ed è un semplice epitelio cubico o cilindrico con dei legami non nucleari tra le cellule. Esso compie la funzione escretoria, cioè partecipa alla formazione delle urine.





# epitelio di transizione

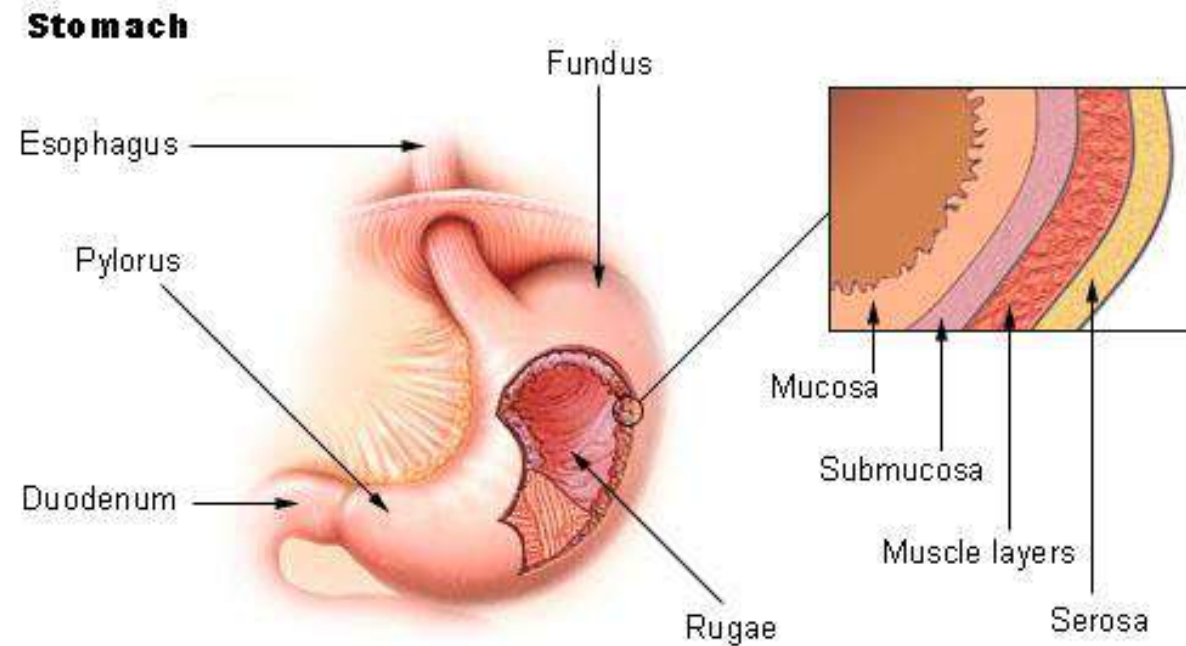
VIE URINARIE - vescica





# Tessuto epiteliale

Epitelio delle membrane sierose (o mesotelio) forma le membrane delle cavità interne, le membrane sierose (peritoneo, pleura e pericardio) ed è semplice e piatto. Il mesotelio ricopre gli strati delle membrane sierose che li rivestono e previene la loro adesione. Inoltre, partecipa alla secrezione del fluido sieroso che è presente come uno strato sottile tra le superfici delle membrane sierose e perciò riduce la frizione durante il movimento.



# La pelle

La pelle è composta dall'epidermide, dallo strato cellulare e dal derma, che contiene cellule, ghiandole e componenti del tessuto connettivo.

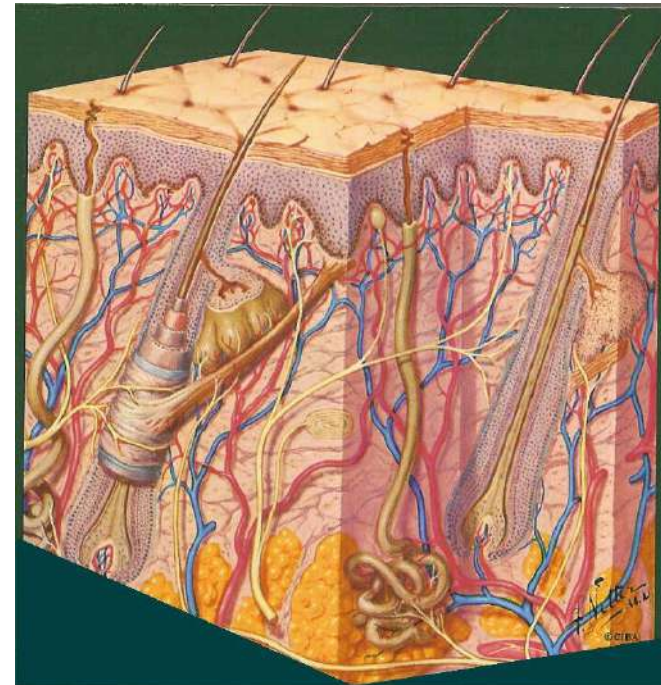
Sopra il derma c'è l'epidermide che è composto in molti strati di tessuto adiposo o grasso.

La pelle è necessaria:

- per proteggere i tessuti e gli organi sottostanti da lesioni meccaniche ed elettriche;
- per svolgere una funzione di barriera contro gli agenti chimici estranei e per i batteri ed impedisce una eccessiva dispersione di calore e di umidità nell'ambiente.

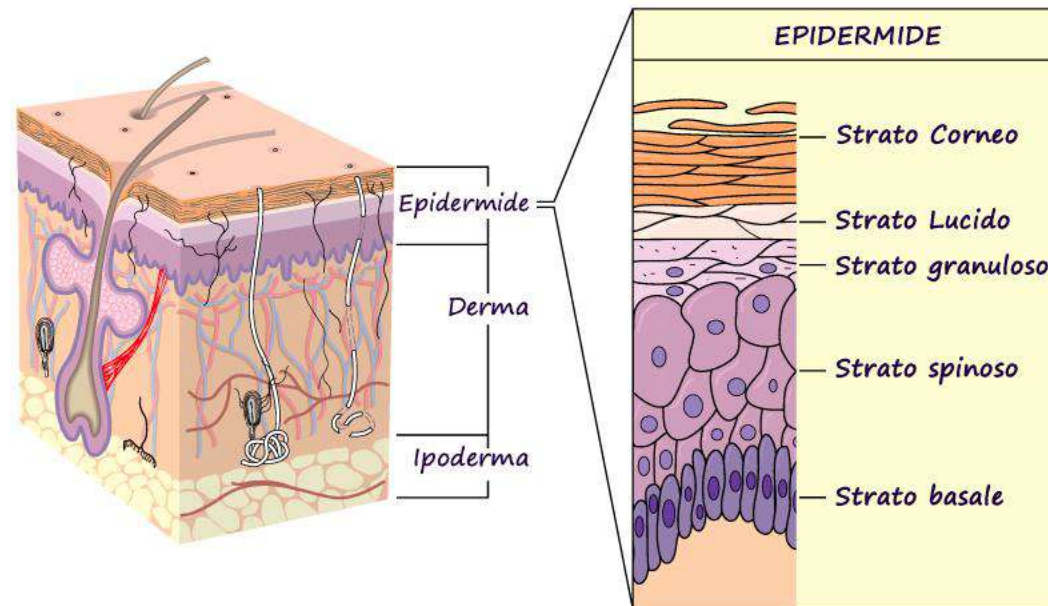
La pelle o cute, è formata da una parte superficiale di origine ectodermica denominata epidermide, da una parte più profonda distinta in derma e ipoderma di origine mesodermica.

Devono inoltre distinguersi gli annessi cutanei, unghie, peli, ghiandole sebacee e sudoripare (eccrine e apocrine) strutture che derivano direttamente dall'epidermide.



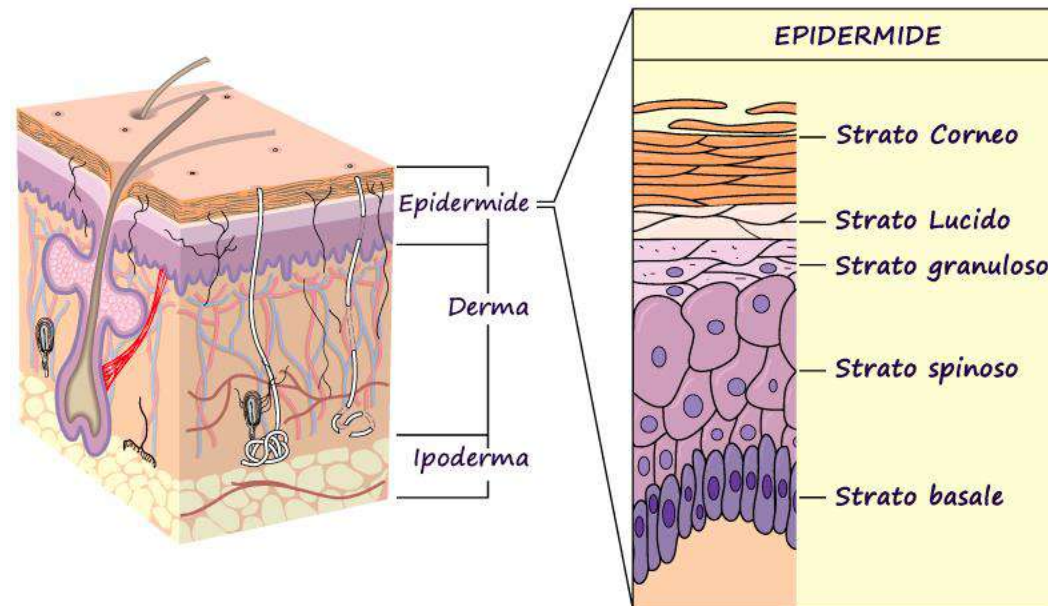
# La pelle

- L'epidermide forma una barriera ininterrotta che limita la diffusione all'interno ed all'esterno del derma. Serve anche a rinnovare costantemente la superficie che si consuma per attrito. L'epidermide ha uno spessore che varia da 0.07 a 0.12 nanometri in quasi tutto il corpo umano, ma raggiunge una densità maggiore nella mani e nella pianta dei piedi.
- Lo strato cellulare più basso cioè a contatto col derma è detto strato germinativo ed è composto da cellule epiteliali che in sezione trasversale assomigliano a cubi o colonne. Quando le cellule si muovono verso l'alto, cioè verso l'interfaccia epidermide-aria assumono le caratteristiche delle cellule con specifiche funzioni.



# La pelle

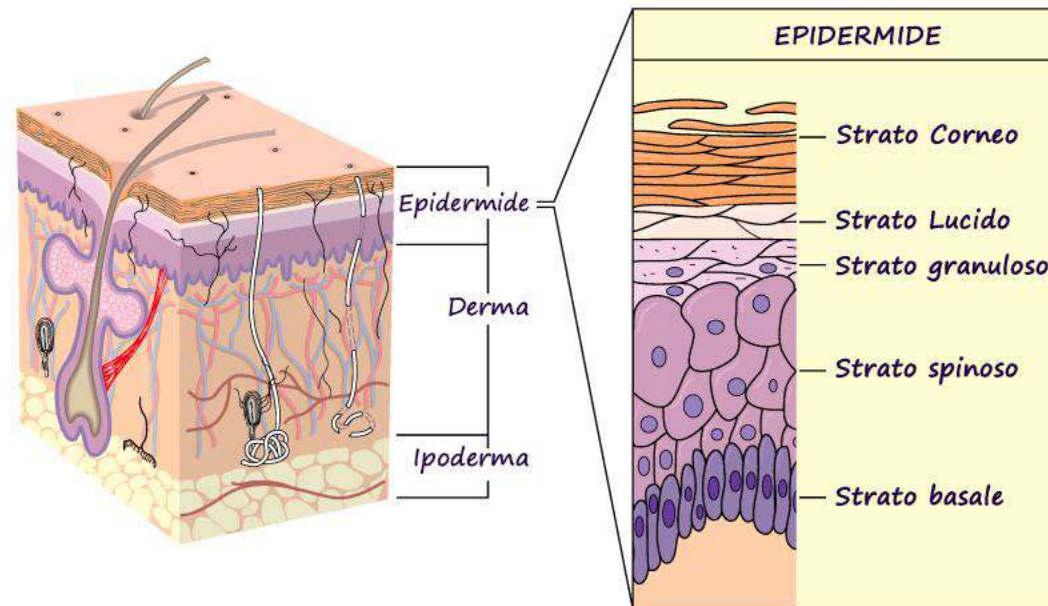
- Lo strato successivo, chiamato strato spinoso, è quello in cui le cellule vengono appiattite con il loro asse parallelo alla superficie della pelle. L'appiattimento cellula su cellula, o spina, è evidente e dà il nome a questi 3 o 5 strati di cellule.
- In cima allo stato spinoso ci sono 3 o più strati che sono macchiati in profondità di colori basici.
- Lo strato granuloso consiste di cellule appiattite, che sono riempite con granuli di cheratoialina. Questi granuli possono contribuire alla formazione di aggregati di cheratina che sono i componenti principali dello strato corneo. Al di sopra dello strato granuloso c'è uno strato contenente cellule appiattite senza nuclei.





# La pelle

Nello strato superiore della pelle, strato corneo, le cellule mancano di nuclei e sono fatte di cheratina citoplasmatica. Lo strato corneo è composto di strati di cellule epiteliali allungate cheratinizzate. Gli strati superficiali di cellule cheratinizzate sono consumati in corrispondenza dell'interfaccia epidermide-aria e sono sostituite dalle cellule che vengono fuori dalla divisione cellulare nello strato germinativo. Sebbene l'epidermide non sia altrettanto spessa quanto il derma, contribuisce alla proprietà fisiche della pelle.



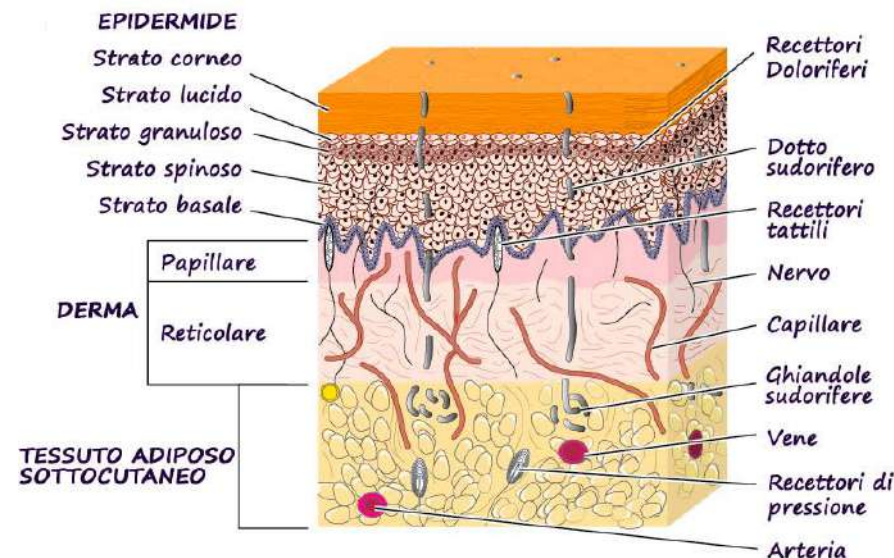


# La pelle

Sotto l'epidermide c'è uno strato denso da 1 a 2 mm chiamato derma. La superficie del derma a contatto con l'epidermide è di solito irregolare con rigonfiamenti ed avvallamenti.

E' quella porzione della cute situata immediatamente al disotto dell'epidermide, da questa nettamente separata dalla giunzione dermo-epidermica e che nella sua parte inferiore si continua nel tessuto adiposo sotto-cutaneo, o ipoderma, senza netti confini, in esso si ritrovano le fibre nervose con le loro terminazioni sensoriali, i vasi, i follicoli pilosebacei, le ghiandole sudoripare; esso rappresenta il tessuto di sostegno e di molte funzioni metaboliche.

E' costituito da fibre collagene reticolari ed elastiche immerse in una sostanza fondamentale amorfa, sia la componente fibrosa, sia la sostanza fondamentale sono prodotte dai fibroblasti.

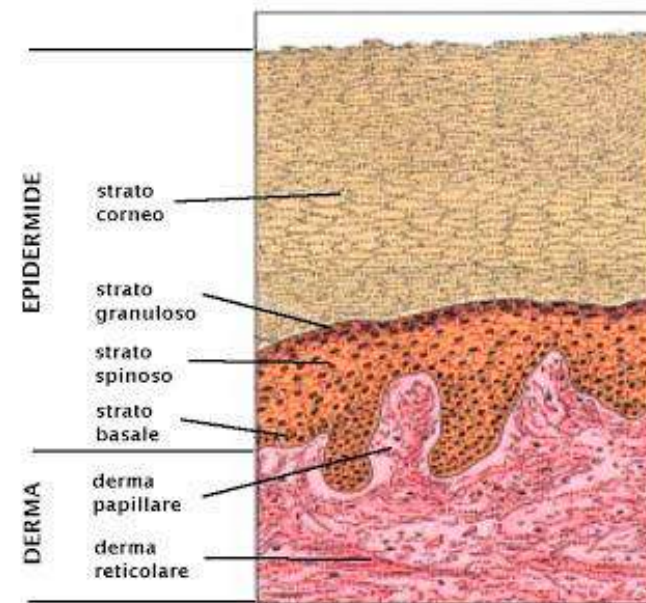
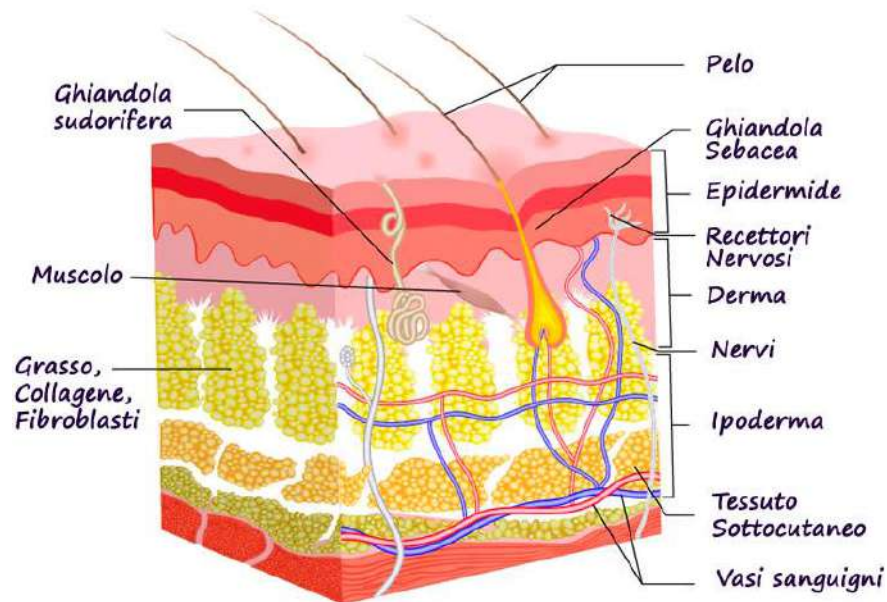


# La pelle

Il derma si può distinguere in due zone:

1) Il derma avventiziale è caratterizzato da uno stroma di fibre reticolari, da fibre collagene sottili e da fibre elastiche ramificate; i fibroblasti sono numerosi, abbondante è la sostanza fondamentale e numerosi capillari.

2) Il derma reticolare è caratterizzato da fasci collageni orientati parallelamente alla superficie cutanea che si incrociano tra loro; il tessuto elastico è costituito da grosse fibre ondulate che diminuiscono di numero e aumentano di spessore negli strati profondi; i fibroblasti sono relativamente pochi e scarsa è la sostanza fondamentale; i vasi comprendono arteriole, venule e capillari.



# La pelle

Lo spessore del derma varia da regione a regione, minimo alle palpebre e maggiore al dorso e diminuisce con l'età.

Questa superficie irregolare è chiamato strato avventiziale o papillare e comprende circa un decimo dello spessore del derma. Lo strato più profondo del derma si chiama strato reticolare.

Le fibrille di collagene, nello strato avventiziale o papillare , formano un tessuto aereolare con fibrille di collagene sottili, mentre lo strato reticolare è caratterizzato da tessuto connettivo irregolare denso.

Le fibre elastiche parzialmente mature e che contengono sia proteina microfibrillare che elastina si trovano nello strato superiore del derma reticolare. Le fibre elastiche costituiscono solo il 4% della massa delle proteine cutanee.

Le fibre elastiche nel derma avventiziale o papillare non sono mature e contengono solo proteine microfibrillari e non elastina amorfa.

Il 70% della massa cutanea è costituita da collagene, di questa l'80-90% di tipo I e dal 15-10% di tipo III.

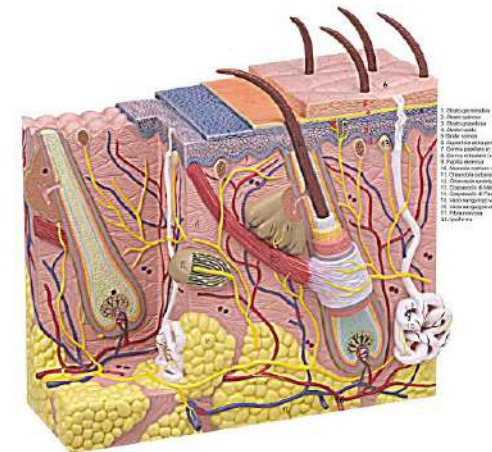
# La pelle

L'ipoderma è uno strato di spessore assai variabile nelle diverse regioni del corpo quasi inesistente alle palpebre, alle piccole labbra, al prepuzio, al padiglione auricolare, raggiunge la sua massima espressione ai glutei.

Si devono distinguere due tipi fondamentali di adipe, quello che si riduce con il digiuno e quello cosiddetto costitutivo o duraturo, che si riscontra alle guance alle ascelle, all'inguine, al monte di Venere al cavo popliteo e alla pianta dei piedi e quello retro- oculare.

L'ipoderma contiene cellule adipose costituito da accumuli denominati lobi adiposi, limitati da setti connettivali e concamerati da tralci fibrosi più sottili in lobuli di circa un cm di diametro, costituiti da microlobuli.

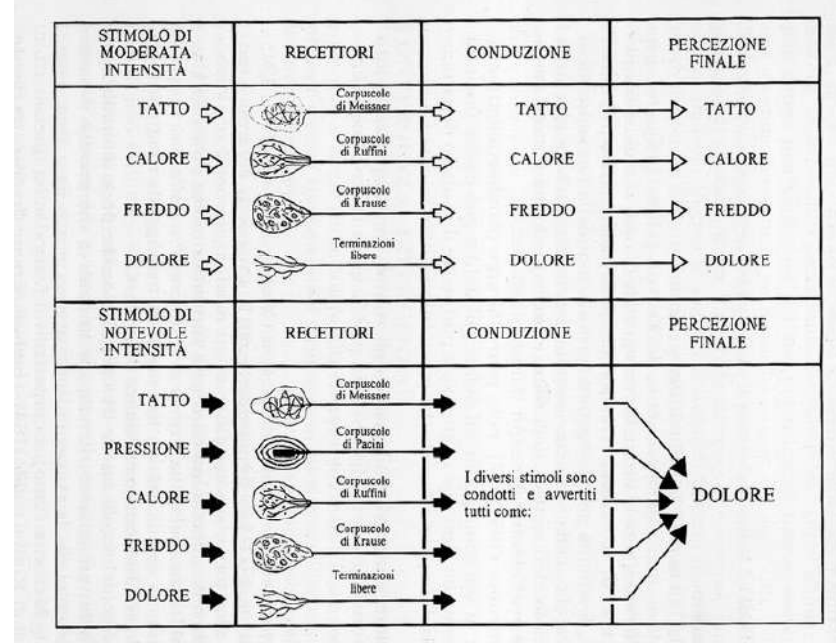
Sono presenti arterie e vene di piccolo calibro, poggia su di una struttura fasciale sottile detta fascia superficialis al disotto della quale è presente una fascia sottocutanea più spessa (fascia subcutanea)



# Innervazione cutanea

La cute è provvista di una ricchissima innervazione, deputata in parte alla sensibilità somatica, in parte alla regolazione dei vasi del derma delle ghiandole sudoripare e dei muscoli pilo-elettori, le fibre nervose della sensibilità somatica branca afferente del sistema nervoso cutaneo rappresentano il prolungamento delle cellule a T dei gangli latero-vertebrali, e servono per la sensibilità del tatto, pressione, dolore, prurito, solletico, caldo, freddo, e per il senso cinestesico e delle vibrazioni.

La branca efferente del sistema nervoso cutaneo, è costituita da terminazioni nervose che regolano le ghiandole sudoripare, i muscoli pilo-elettori, la circolazione vascolare e sono a trasmissione adrenergica e colinergica.

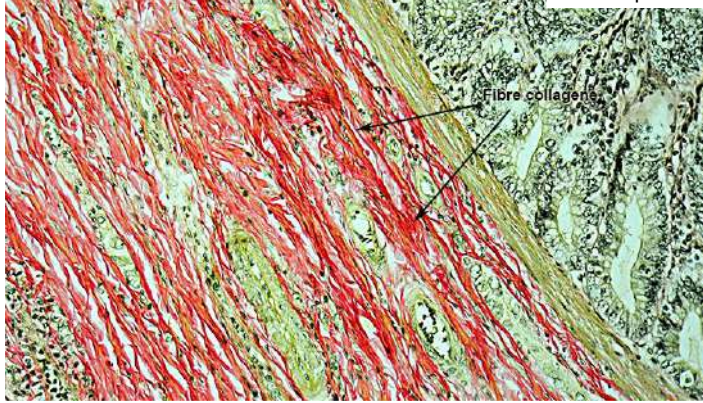




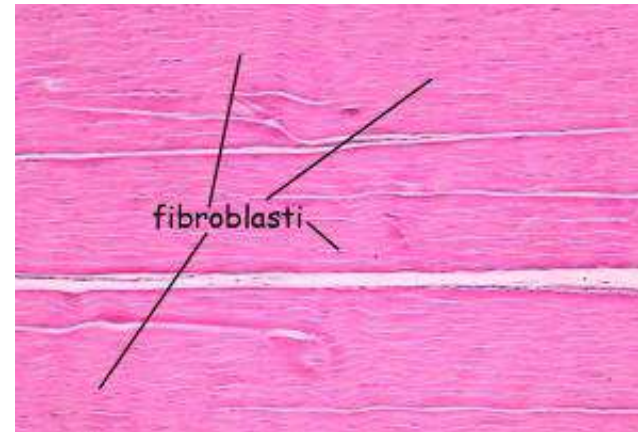
# Tessuto connettivo

Il tessuto connettivo è formato da cellule e da una sostanza intercellulare; a differenza della sostanza intercellulare dei loro tessuti, quella del tessuto connettivo è chiaramente marcata come quella delle cellule. Questo gruppo di tessuti include:

- i tessuti trofici come il sangue e la linfa,
- i tessuti misti che compiono sia funzioni trofiche che di sostegno (tessuto connettivo fibroso lasso e le sue varietà)
- I tessuti di sostegno, ad esempio il tessuto connettivo fibroso denso, la cartilagine e le ossa.



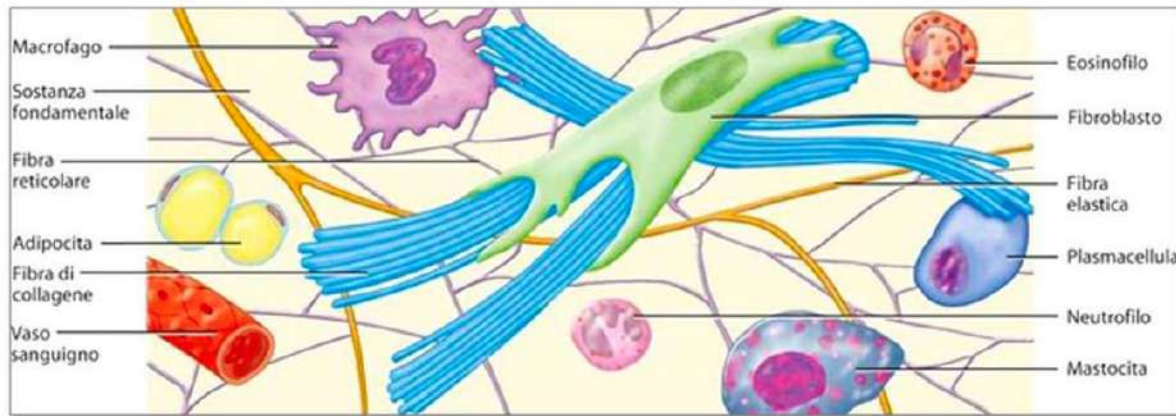
Il tessuto connettivo lasso è un tessuto propriamente detto. È caratterizzato da fibre arrangiate lassamente e da abbondanti cellule di diverso tipo



Il tessuto connettivo denso è un tessuto propriamente detto. È caratterizzato da fibre arrangiate in maniera fitta con cellule sparse al suo interno

# Il tessuto fibroso connettivo

Il tessuto fibroso connettivo accompagna i vasi sanguigni e forma degli strati tra gli organi. È un costituente di tutti gli organi senza nessuna eccezione. Le cellule di questo tessuto sono principalmente fibroblasti e macrofagi fissi ed hanno diverse forme e diverse funzioni.



I fibroblasti sono grandi, dendritici, e di solito sono cellule allungate; sono connessi con la formazione della sostanza intercellulare, specialmente le fibre del tessuto connettivo fibroso lasso.

# Il tessuto fibroso connettivo

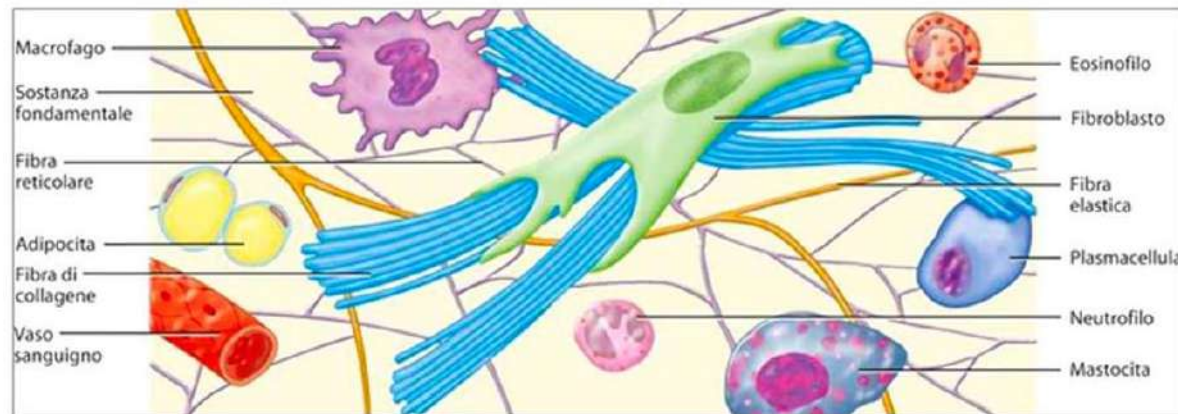
- I macrofagi fissi, o cellule vaganti a riposo, sono generalmente rotondi o ovali. Sono capaci di movimento indipendente e di fagocitosi, ad esempio, nella digestione attiva di particelle dense e nella loro digestione (se sono di natura organica).



- Oltre queste cellule, il tessuto connettivo lasso contiene anche adipociti, cellule reticolari etc.
- La sostanza intercellulare del tessuto connettivo fibroso lasso, è formata da una principale sostanza viscida, priva di struttura e dalle varie fibre che si trovano in essa.
- Le fibre collagenose (o gelatinose) sono sottili e non dendritiche e formano fasci che sono appena resistenti.
- Le fibre elastiche sono sottili e dendritiche e non formano fasci. Si allungano senza difficoltà e quando la forza di allungamento cessa di agire, esse tornano velocemente al loro stato iniziale.

# Il tessuto fibroso connettivo

- Il tessuto connettivo fibroso e lasso adempie a funzioni di sostegno, protettive e trofiche.
- La funzione di sostegno è compiuta dalle fibre che formano lo stroma (struttura) dell'organo e gli prestano la forza e l'elasticità.
- La funzione protettiva è compiuta dai macrofagi, che partecipano attivamente alla lotta per prevenire che i microbi, agenti causa di malattie, penetrino dell'organismo.
- La funzione trofica è compiuta dalla sostanza basale di questo tessuto, che prende parte al nutrimento dei tessuti degli organi, attraverso le pareti dei vasi.
- Le sostanze nutritive passano, dal sangue, nei tessuti degli organi, attraverso le pareti dei vasi sanguigni che accompagnano sempre il tessuto connettivo. Così, per raggiungere i tessuti di un organo, le sostanze nutritive devono passare attraverso le pareti dei vasi sanguigni, nell'adiacente tessuto connettivo. Quali particolari sostanze passeranno negli organi, in quali quantità ed in quale proporzione, dipenderà dallo stato delle pareti dei vasi e dalla sostanza basale del tessuto connettivo.

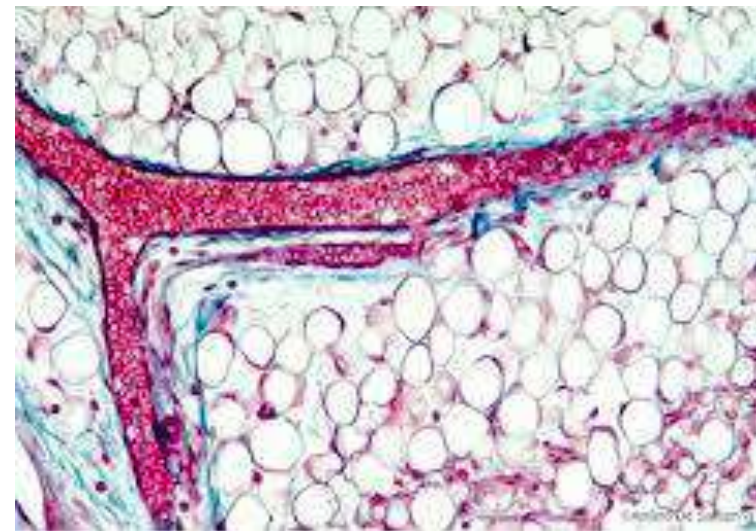
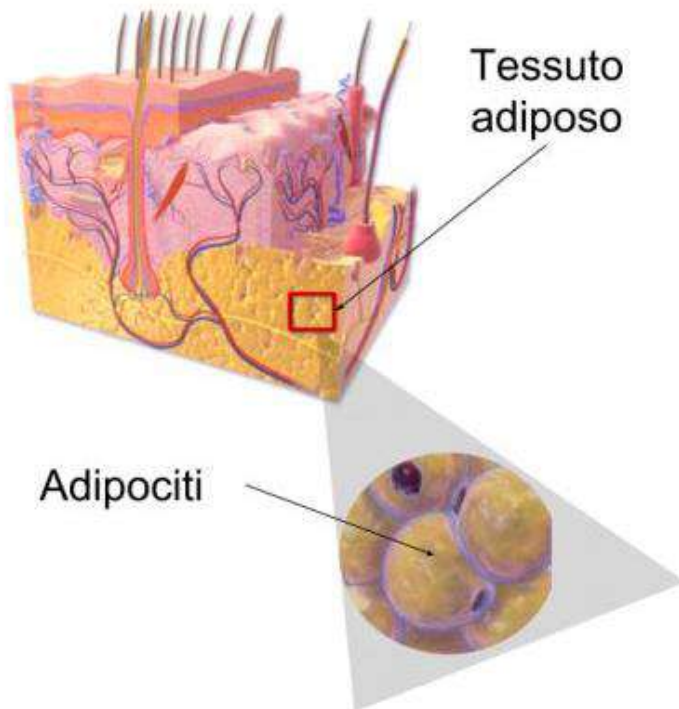




# Il tessuto adiposo

I tessuti adiposi e reticolari sono delle varietà di tessuto fibroso connettivo lasso.

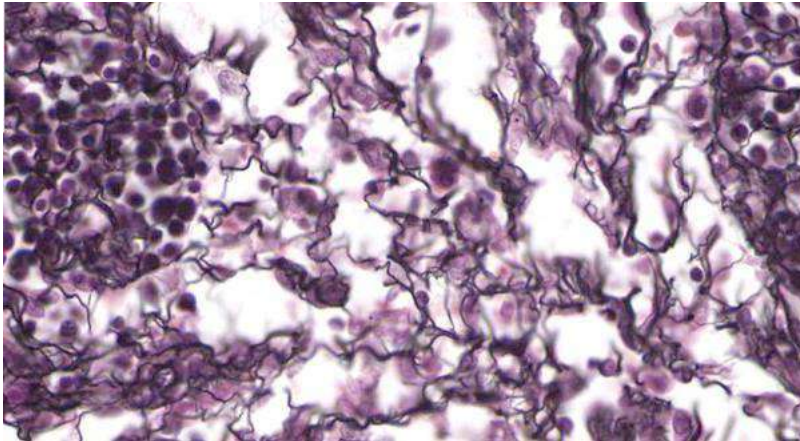
Il tessuto adiposo forma il tessuto cellulare subcutaneo, gli strati che circondano i vasi e molti organi. Oltre alle cellule ed alla sostanza intercellulare tipica del tessuto connettivo fibroso, il tessuto adiposo contiene un buon numero di adipociti. Esso ha principalmente funzione trofica, in quanto contiene una riserva di grasso che quando è necessaria viene utilizzata dall'organismo. Gli strati adiposi compiono anche una funzione meccanica, in quanto proteggono alcuni organi (ad es. i vasi) dalle lesioni.



# Il tessuto reticolare

Il tessuto reticolare è il costituente fondamentale degli organi ematopoietici e forma parte di altri organi. In questo tessuto, le cellule sono connesse attraverso dei processi protoplasmatici. Tali strutture sono composte da una massa multinucleata di protoplasma e sono dette sincizio.

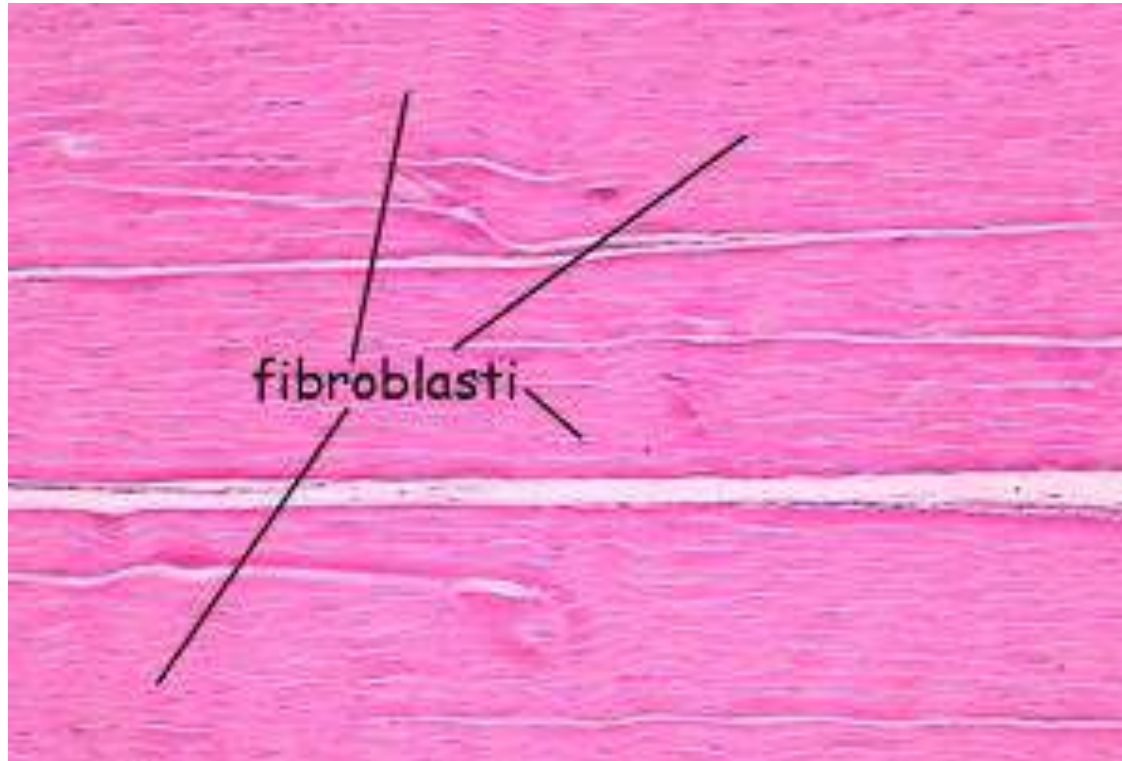
Come il tessuto connettivo lasso, il tessuto reticolare compie delle funzioni trofiche e protettive, ma non ha un particolare ruolo di sostegno.



Il tessuto reticolare ha una struttura complessa. Consiste di cellule reticolari (reticolociti) e fibre reticolari. Le cellule di questo tessuto hanno un citoplasma leggero e un nucleo ovale. Sulla sua superficie, ha diversi processi, attraverso i quali le cellule si connettono tra loro e formano qualcosa come una rete. Le fibre reticolari si trovano anche sotto forma di un reticolo, un ramo e si connettono tra loro. Così, rete in fibra reticolare insieme con una rete formano gli organi ematopoietici reticolociti stroma. I reticolociti possono essere isolati dalla rete cellulare edifferenziarsi in macrofagi o cellule ematopoietiche.

# Il tessuto connettivo fibroso denso

Il tessuto connettivo fibroso denso, forma i tendini, i legamenti, il derma (vera pelle) e compie una funzione di sostegno. È noto per la sua sostanza intercellulare altamente sviluppata in modo particolare nei fasci delle fibre collagenose. Tra le fibre sono posizionate le cellule.

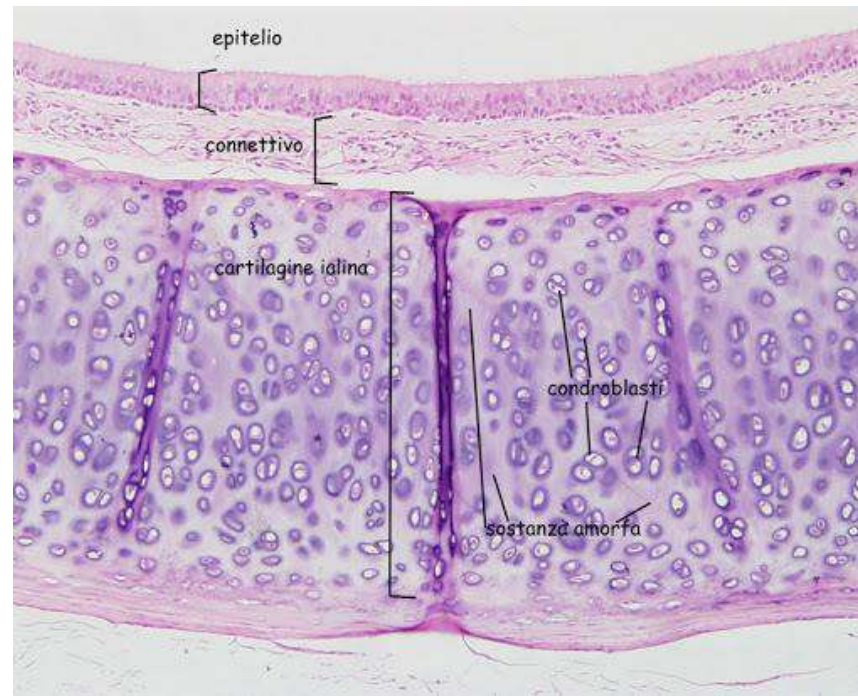




# Il tessuto cartilagineo

Ci sono tre tipi di tessuto cartilagineo: ialino, elastico e fibroso, distinti dalla struttura della loro sostanza intercellulare. Tutte le cartilagini hanno una funzione meccanica.

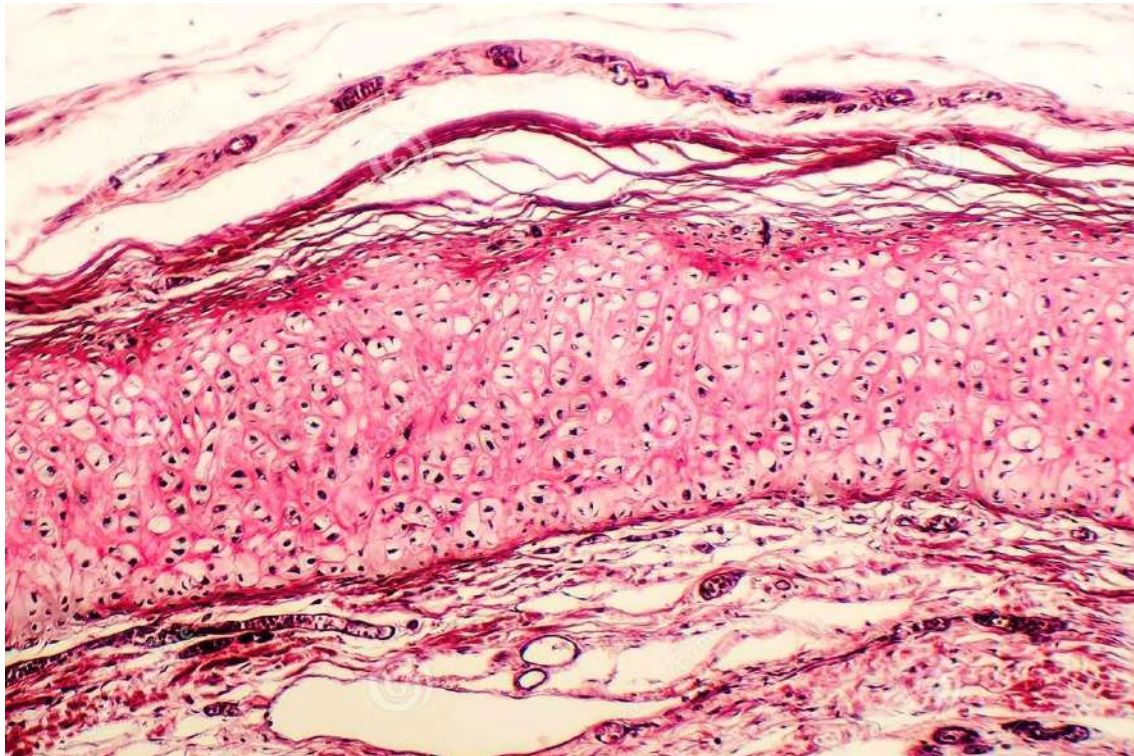
La cartilagine ialina, forma le parti cartilaginose delle costole, la maggior parte delle cartilagini laringiali e le cartilagini articolari della maggior parte delle articolazioni. Al microscopio, la sua sostanza intercellulare appare come una massa ialina omogenea, ma ad una indagine più specifica rivela una matrice priva di struttura e delle fibre che assomigliano a fibre collagenose.





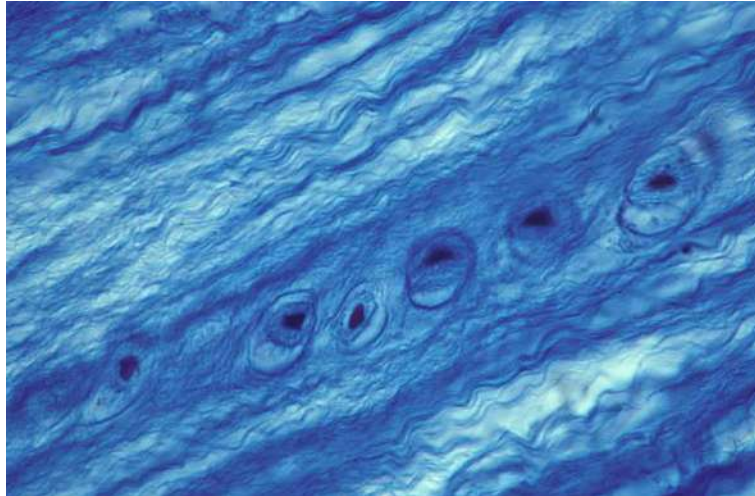
# Il tessuto cartilagineo

La cartilagine elastica forma la base del padiglione auricolare e dell'epiglottide. Si differenzia dalla cartilagine ialina, per il fatto che la matrice possiede una densa rete di fibre elastiche.

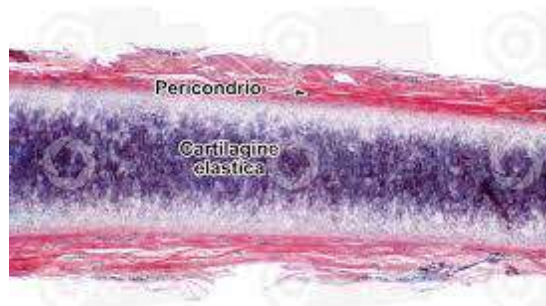


# Il tessuto cartilagineo

La fibrocartilagine si trova in alcune articolazioni delle ossa (tipo nei dischi intervertebrali) e nelle entesi (dove i tendini sono attaccati alle ossa). La sostanza intercellulare di questa cartilagine contiene molti fasci paralleli costituiti da fibre collagenose e da poca matrice.



Tutti i tipi di cartilagine sono ricoperti da pericondrio, che è un tipo di tessuto connettivo lasso. La cartilagine è nutrita dal pericondrio e cresce da esso.



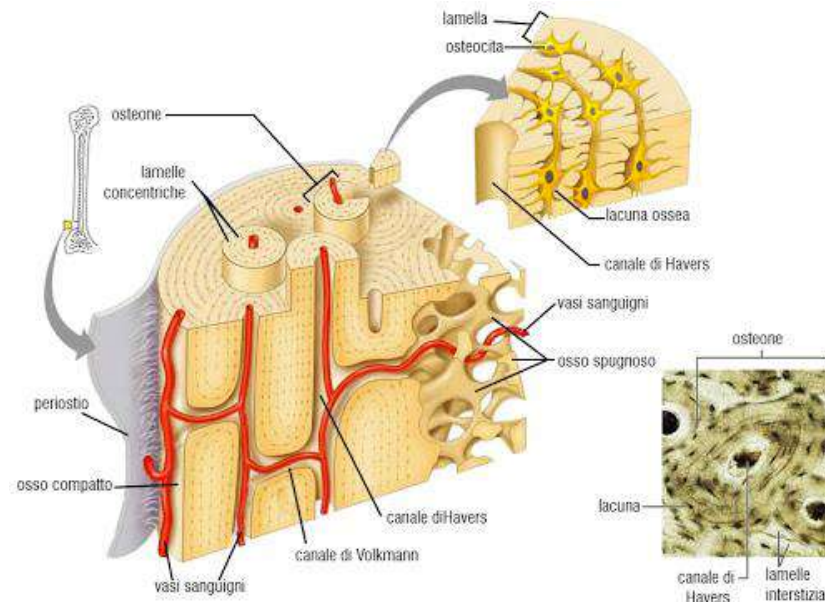
# Il tessuto osseo

Il tessuto osseo è formato da strutture base, dette osteociti, e da sostanza intercellulare.

Le osteociti, sono cellule dendritiche i cui processi sono connessi l'uno all'altro. I corpi delle cellule occupano le cavità ossee, ed i loro processi sono situati nel cosiddetto osso canalicolo. La sostanza intercellulare consiste di una matrice priva di struttura e di fibre che assomigliano nella composizione e nelle proprietà alle fibre collagenose.

A differenza degli altri tipi di tessuto connettivo, comunque, la sostanza intercellulare del tessuto osseo, contiene Sali minerali (fosfato di calcio, fluoruro di calcio, etc) che la danno una speciale forza.

La principale unità strutturale dell'osso è l'osteone, un sistema di rotule ossee disposte concentricamente. Le rotule prendono la forma di cilindri disposti l'uno dentro l'altro e sono detti sistemi Harvesiani. Nel centro dell'osteone c'è un canale detto Harvesiano, che contiene i vasi sanguigni che si sono liberati dai vasi più grandi che penetrano nell'osso, lungo i cosiddetti canali di Volkmann.



# Il tessuto muscolare

Questo gruppo include i tessuti che si differenziano nella loro struttura e nella loro origine:

- Il tessuto muscolare liscio
- Il tessuto muscolare striato

La loro caratteristica comune è la contrattilità

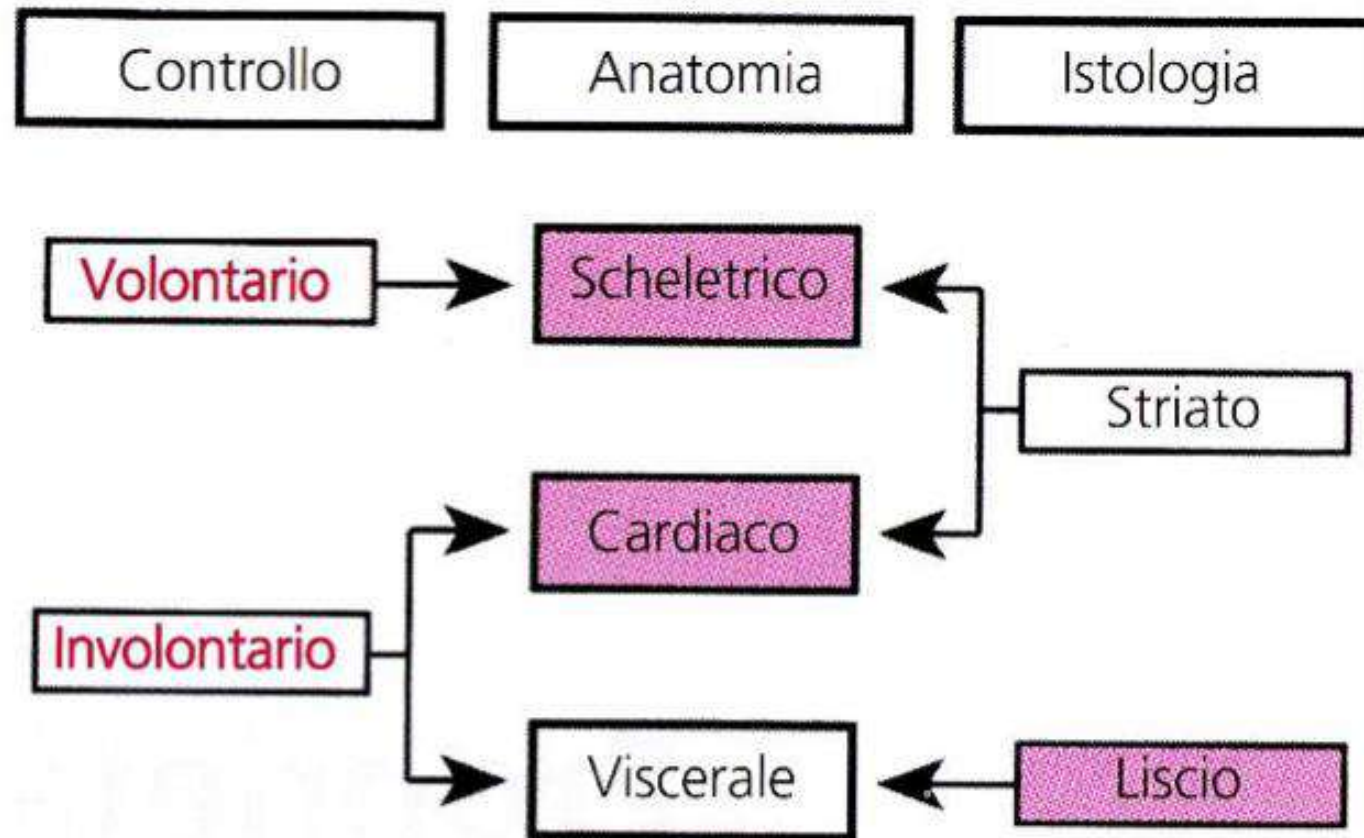
Il tessuto muscolare liscio è un componente delle pareti degli organi interni (quali intestino, vescica, utero, etc) e dei vasi sanguigni, e si trova nella pelle.

Il suo elemento strutturale è la fibra muscolare, una cellula a forma di fuso che è lunga 60-100 micrometri e consiste di sarcoplasma con un nucleo a forma di bastone. Il sarcoplasma contiene i filamenti contrattili o miofibrille.

Il tessuto muscolare striato forma i muscoli dello scheletro, il cuore ed alcuni organi interni (quali la faringe, la lingua, il palato molle, etc). Oltre al sarcoplasma, la fibra muscolare contiene dei filamenti longitudinali, le miofibrille, che non sono uniformi, ma sono costituite da strisce alternate chiare e scure (da cui il nome della fibra muscolare striata o liscia). Le fibre muscolari formano dei fasci, separati gli uni dagli altri da strati di sottile tessuto connettivo fibroso lasso.

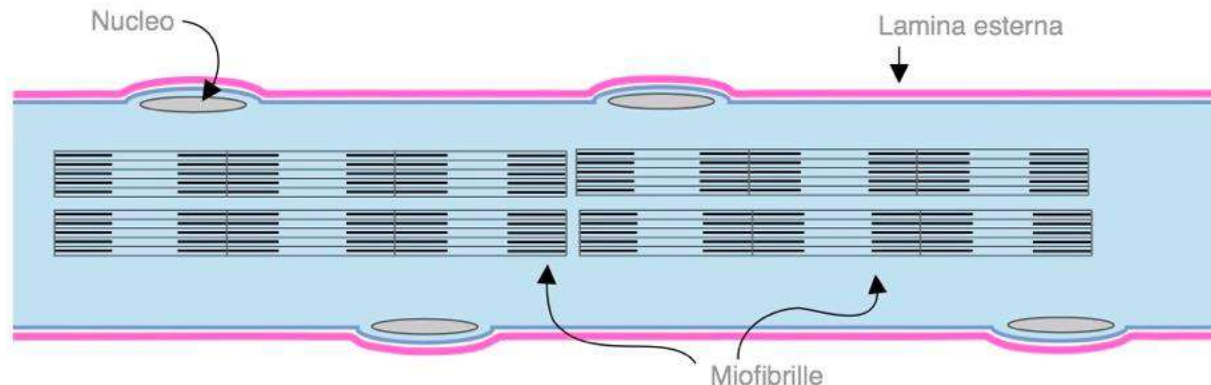


# Classificazione del muscolo



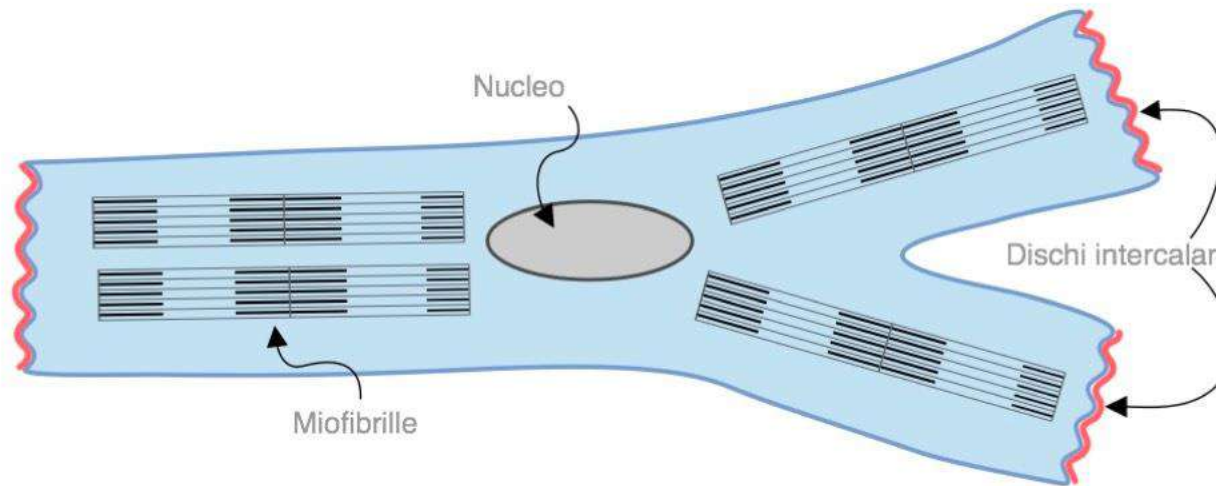
# Tessuto muscolare striato scheletrico

Il tessuto muscolare striato scheletrico si forma, durante la vita embrionale, dalla fusione di numerosi mioblasti a formare un miotubo, le cellule cioè formano un sincizio cellulare di forma cilindrica allungata che prende il nome di fibra muscolare. La singola fibra muscolare è caratterizzata da strie trasversali che formano bande caratteristiche, più chiare o più scure, visibili al microscopio ottico. I nuclei sono estremamente allungati e periferici. Ogni fibra muscolare è avvolta da un delicato strato di connettivo reticolare detto endomisio. Le fibre sono organizzate in gruppi a formare fasci avvolti da tessuto connettivo: il perimisio. A loro volta i fasci di fibre muscolari si organizzano a formare i singoli muscoli che sono avvolti da tessuto connettivo detto epimisio. Questa organizzazione permette al muscolo striato di potersi contrarre (accorciandosi) e rilassare (allungandosi) velocemente senza danni. La contrazione di questo tipo di muscolatura è volontaria.



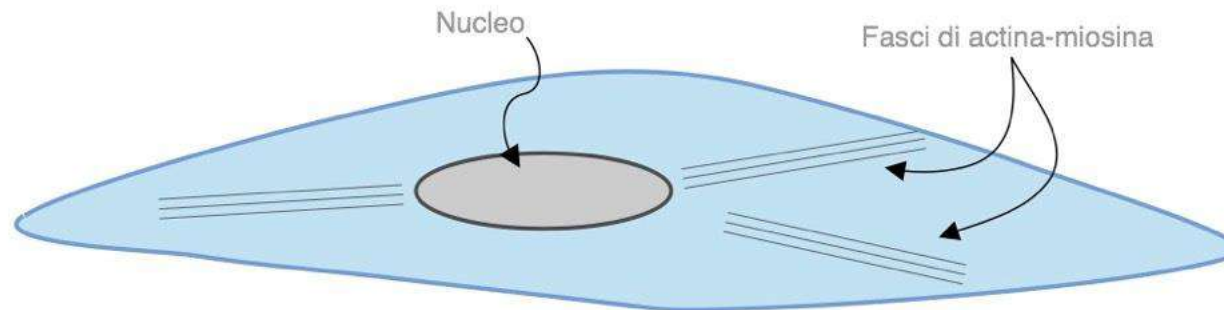
# Tessuto muscolare striato cardiaco

Le cellule che compongono il tessuto muscolare striato cardiaco prendono il nome di cardiomiociti, hanno forma cilindrica (spesso biforcata a epsilon) e dimensioni di 85-100  $\mu\text{m}$  in lunghezza e 15  $\mu\text{m}$  in larghezza, presentano strie trasversali ben visibili (come nel muscolo striato scheletrico) ed un nucleo centrale ben evidente (come nel tessuto muscolare liscio). Una caratteristica peculiare del tessuto muscolare cardiaco è la presenza di dispositivi specializzati per la giunzione tra cellula e cellula: i dischi intercalari. Nei dischi intercalari sono presenti giunzioni comunicanti (gap junctions) che permettono di accoppiare elettricamente i cardiomiociti consentendo loro una contrazione simultanea.

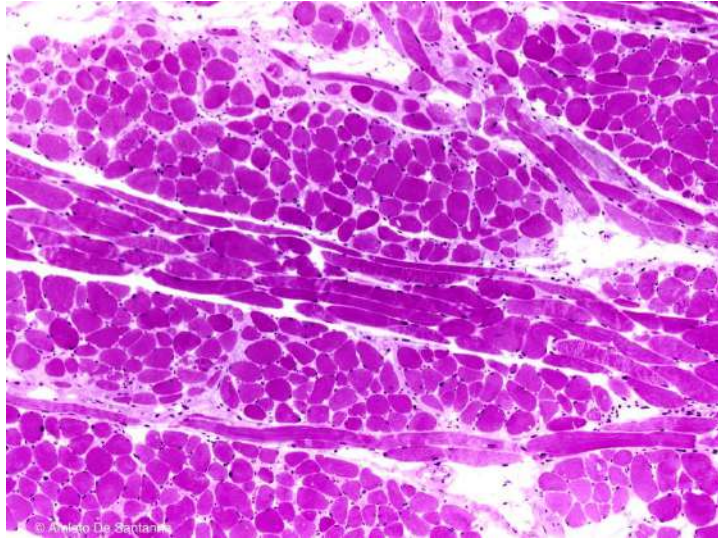


# Tessuto muscolare liscio

Il tessuto muscolare liscio è formato da singole cellule lunghe da 20  $\mu\text{m}$  a 0,5 mm con un nucleo ovale centrale ben evidente. Il muscolo liscio è sotto il controllo del sistema nervoso autonomo e dell'apparato endocrino. Il tessuto muscolare liscio genera due tipi di contrazione, una "ritmica", in cui si rilevano impulsi periodici che si diffondono a tutto il tessuto, e una "tonica", che dà alle pareti viscerali uno stato di contrazione parziale detto "tono muscolare". Le fibrocellule muscolari lisce, a seconda della loro funzione, assumono una posizione spaziale diversa. Nei vasi hanno un andamento circolare, così da poterne variare il lume in seguito alla contrazione. Nei visceri e nei grossi organi cavi, invece, le fibrocellule muscolari lisce ,assumono, generalmente, un andamento circolare, più interno, e uno, ortogonale rispetto al primo, a disposizione longitudinale, più esterno. Questa organizzazione permette una maggiore tenuta dei visceri e facilita il movimento del contenuto viscerale nel suo percorso, grazie ai movimenti peristaltici della parete. In alcuni organi cavi, come la vescica urinaria e l'utero, le lamine muscolari assumono un andamento meno regolare e formano un fitto intreccio così da avere, oltre alla funzione di supporto e di contrazione tipica di ogni tessuto muscolare, anche il compito di facilitare l'estensione nello spazio e quindi di aumentare la capacità di contenimento dell'organo stesso. Questo tipo di organizzazione del tessuto muscolare è detto "plessiforme".

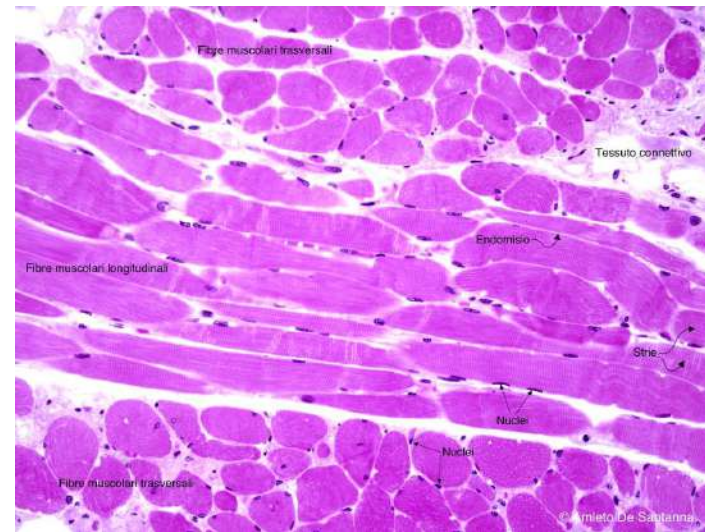




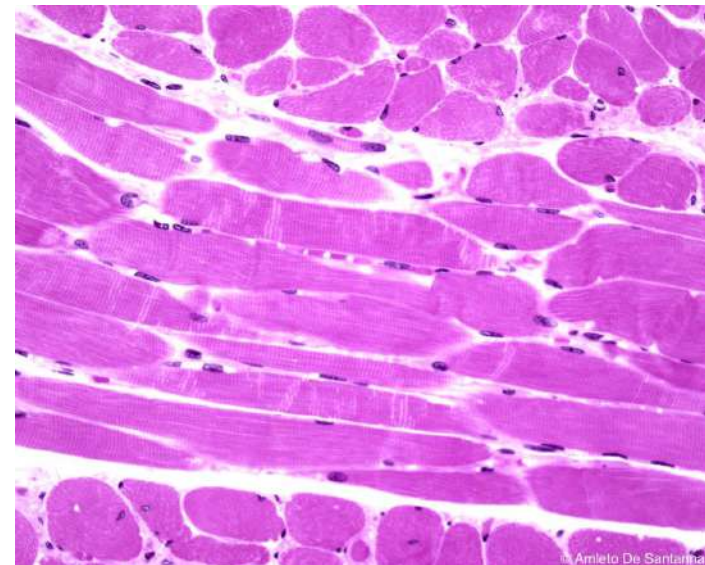


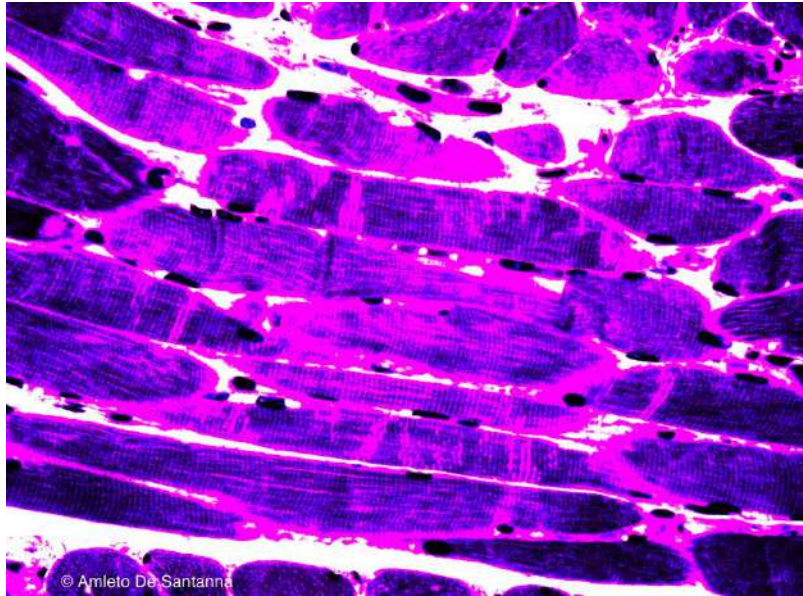
Lingua umana. Fibre muscolari striate. Sezione semifine di tessuto muscolare striato. Questo tessuto è caratterizzato da strie, formate da bande scure (bande A) e bande chiare (bande I), evidenti in sezione longitudinale, dall'organizzazione in fascetti separati da sottili sepimenti connettivali e dai nuclei delle fibre muscolari sottili, allungati e fortemente periferici.

Lingua umana. Fibre muscolari striate a più forte ingrandimento.

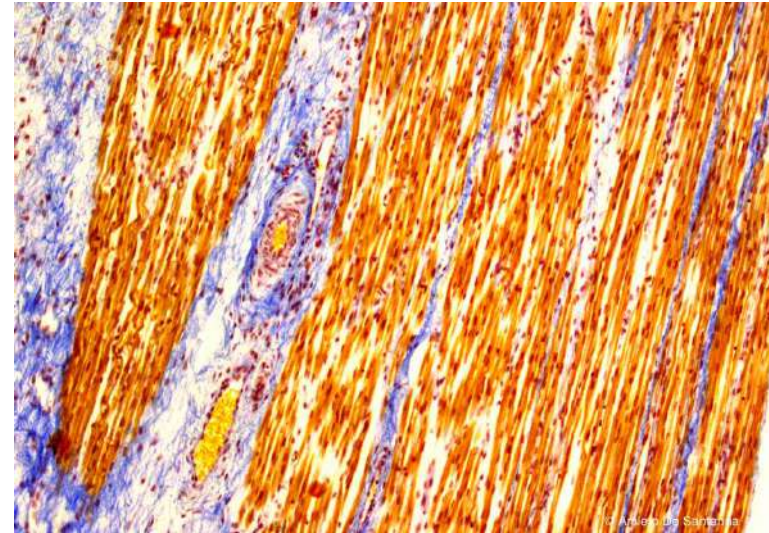


Lingua umana. Fibre muscolari striate. Si notano le strie trasverse, i nuclei allungati e fortemente periferici e la sottile trama di connettivo reticolare che circonda le singole fibre muscolari (endomisio).



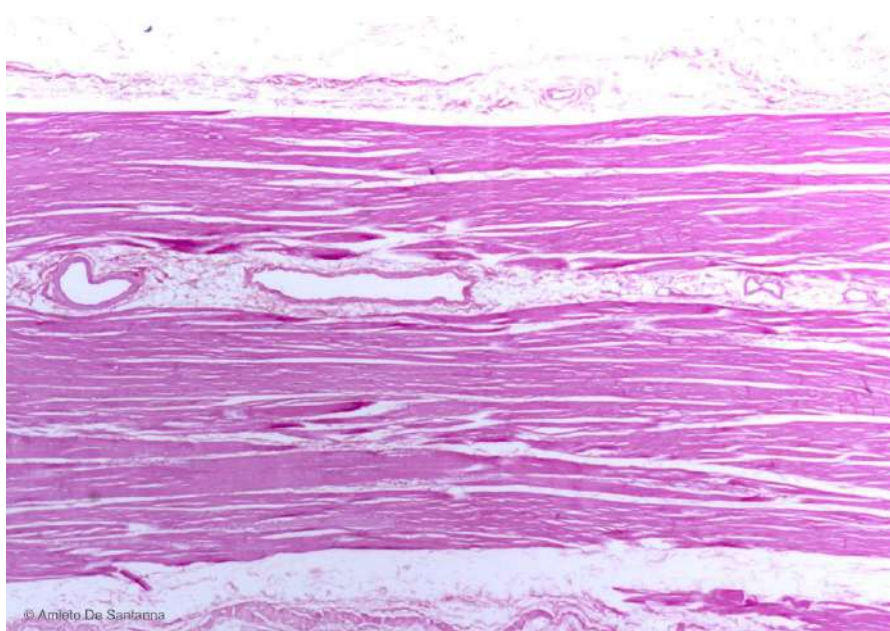


Lingua umana. Fibre muscolari striate. Immagine elaborata digitalmente in modo da rendere ben evidenti il tessuto connettivo reticolare (in rosa) che circonda i singoli fasci di fibre muscolari e le strie trasverse (in viola)

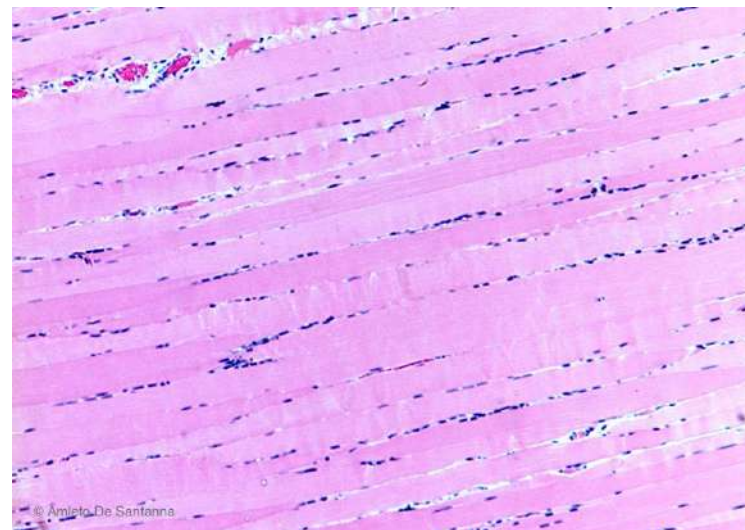


Lingua umana. Fibre muscolari striate. Questa colorazione permette una netta differenziazione tra le fibre muscolari (in ocra) ed il tessuto connettivo (in azzurro)

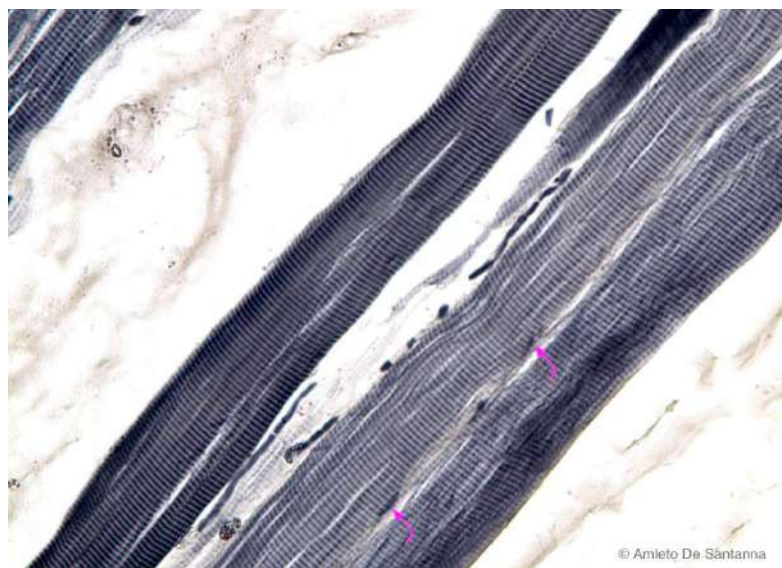




Muscolo diaframma

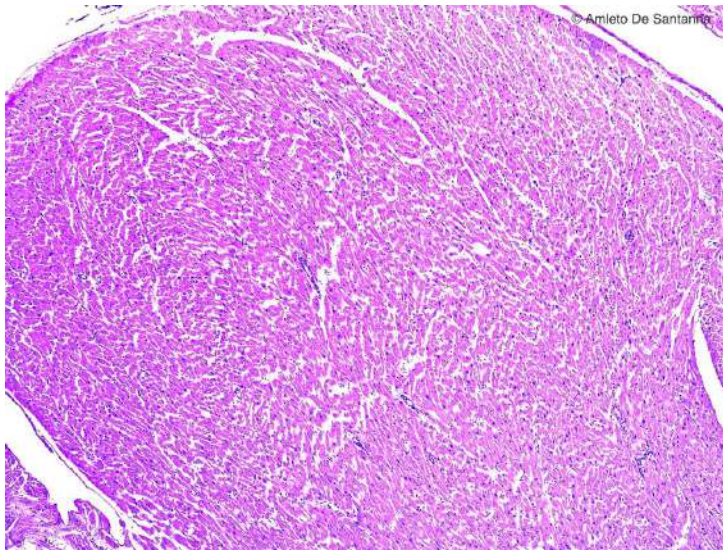


Muscolo striato scheletrico umano. Si notano la disposizione parallela delle fibre muscolari striate e la posizione periferica dei nuclei).

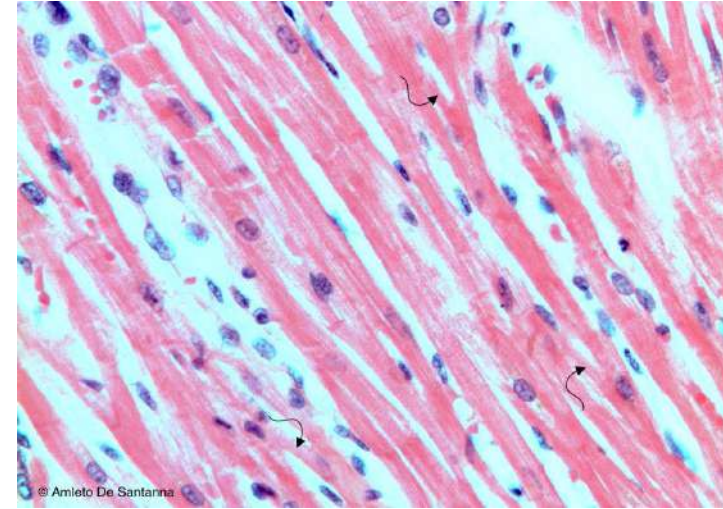


Muscolo striato umano a più forte ingrandimento. Colorazione elettiva per i contorni cellulari e le strie trasverse che caratterizzano il muscolo striato. Sono visibili anche alcuni nuclei che appaiono allungati e periferici (frecce).

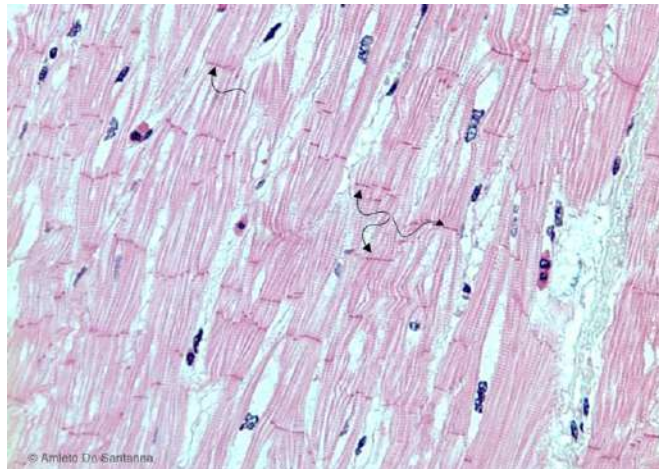




Tessuto muscolare striato cardiaco umano. Visione d'insieme. Nonostante il piccolo ingrandimento si notano alcune caratteristiche tipiche di questo tessuto: il cardiomiocita presenta un nucleo posto centralmente ed un andamento irregolare.



Tessuto muscolare striato cardiaco umano a più forte ingrandimento. Si notano chiaramente le cellule muscolari con nucleo centrale. I cardiomiociti, dopo un breve percorso rettilineo, si biforcano e deviano lateralmente anastomizzandosi con i cardiomiociti adiacenti (frecce). Con questa colorazione convenzionale, le strie e i dischi intercalari possono non risultare visibili in maniera chiara



Tessuto muscolare striato cardiaco umano. Sezione semifine di muscolo cardiaco in cui sono facilmente distinguibili sia le strie trasversali, che i dischi intercalari, posti come sistema di congiunzione cellula-cellula (frecce).

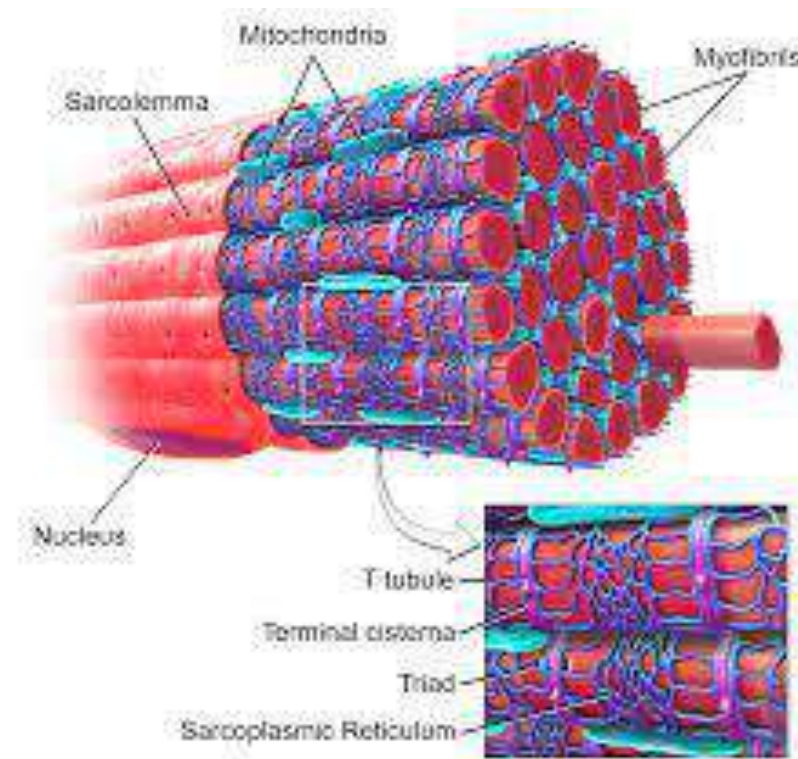


# Miofibrilla

Ogni fibra muscolare al suo interno è occupata in larga misura dalle miofibrille, organizzate in lunghi fasci longitudinali.

La miofibrilla è circondata dal reticolo sarcoplasmatico, un sistema complesso di vescicole e tubuli: lo scopo di questa struttura è quello di accumulare calcio per dare l'avvio alla contrazione muscolare.

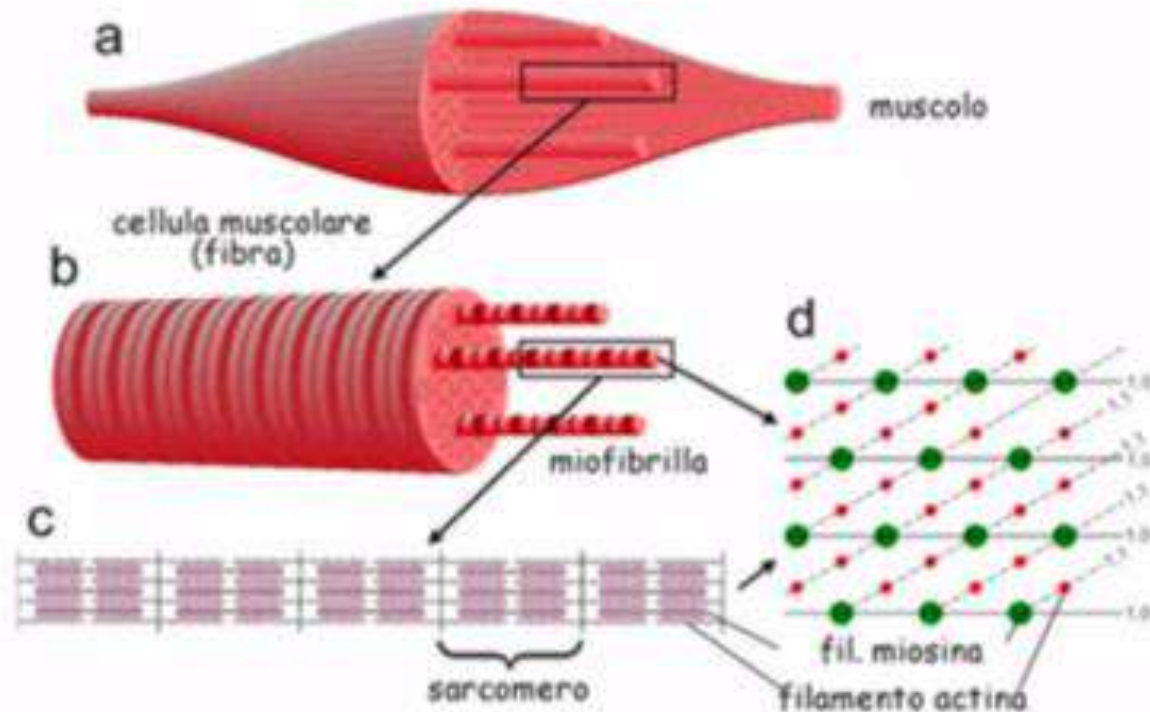
La miofibrilla lungo l'asse maggiore manifesta una striatura dovuta all'alternarsi regolare di bande chiare e scure. Le bande scure sono dette bande A; le bande chiare sono dette bande I; ciascuna banda I è divisa in due da una linea scura detta linea Z; ciascuna banda A è divisa in due da una stria scura detta linea H. Il tratto di miofibrilla compresa tra  $\frac{1}{2}$  banda I + banda A +  $\frac{1}{2}$  banda I è chiamata sarcomero.



# Sarcomero

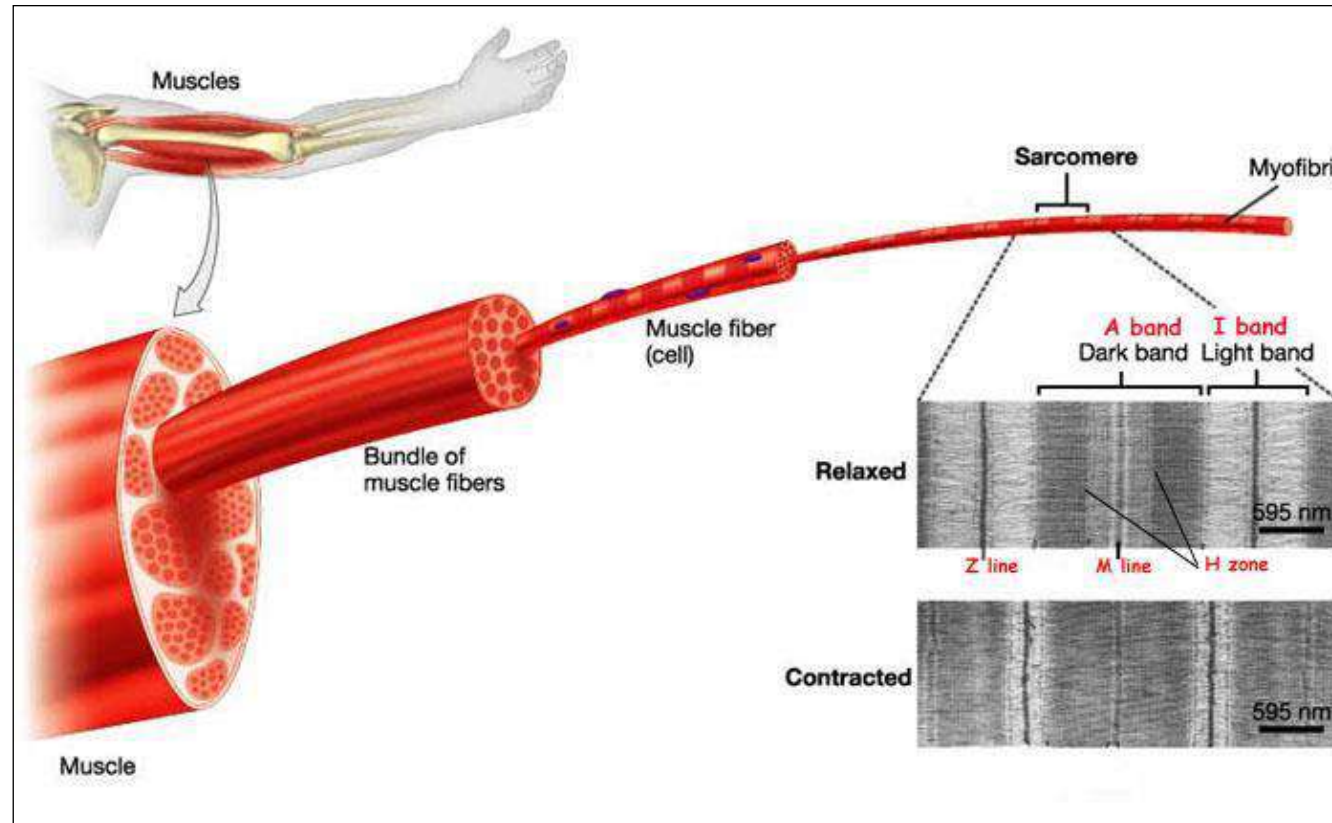
Il sarcomero rappresenta l'unità funzionale del tessuto muscolare striato.

- Ogni sarcomero al microscopio elettronico appare formato da miofilamenti spessi e sottili. I filamenti spessi sono formati dalla molecola proteica miosina, i sottili sono formati dalla molecola proteica actina.
- I filamenti spessi si trovano al centro del sarcomero e costituiscono la banda A; i filamenti sottili sono ai poli del sarcomero e costituiscono le bande I che arrivano sino alla li



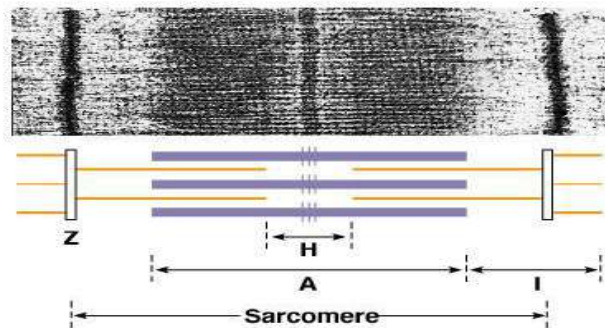
# Sarcomero

Durante la contrazione il sarcomero si accorcia per l'avvicinamento delle due linee Z.  
Si ha quindi una riduzione della banda I mentre rimane invariata la banda A.  
Il sarcomero si può accorciare al massimo per il 50% della sua lunghezza

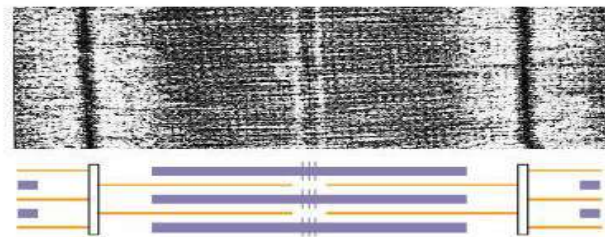


# Sarcomero

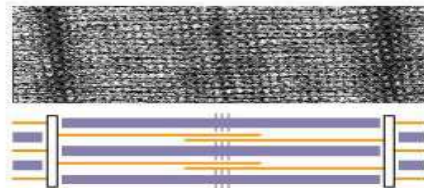
La contrazione è dovuta allo scorrimento dei filamenti sottili sui filamenti spessi



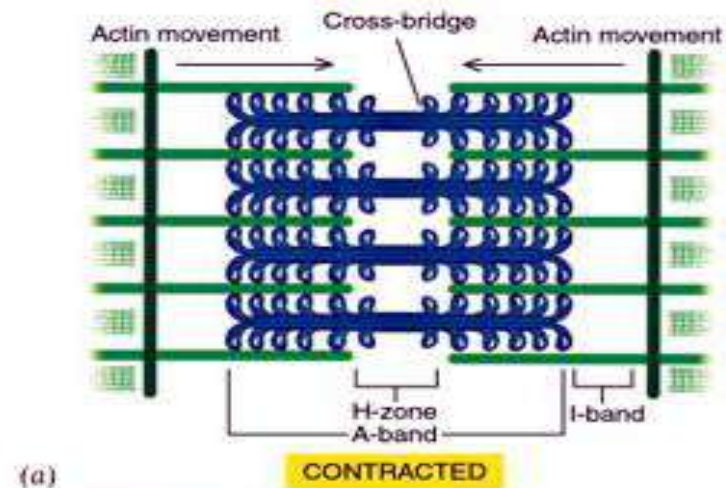
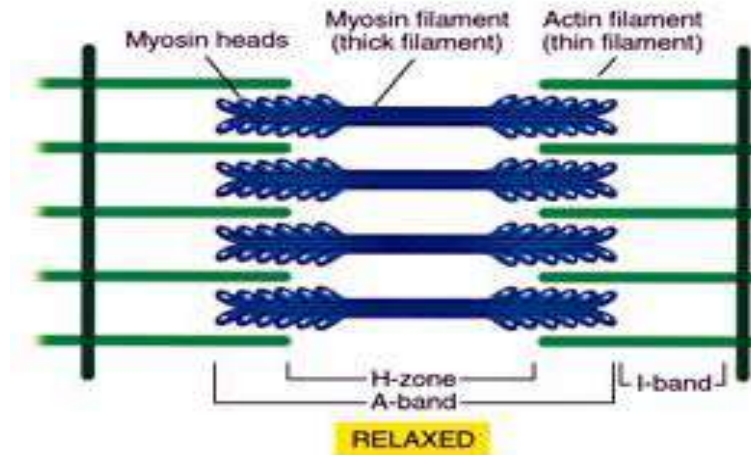
(a) Muscle relaxed (extended)



(b) Muscle contracting



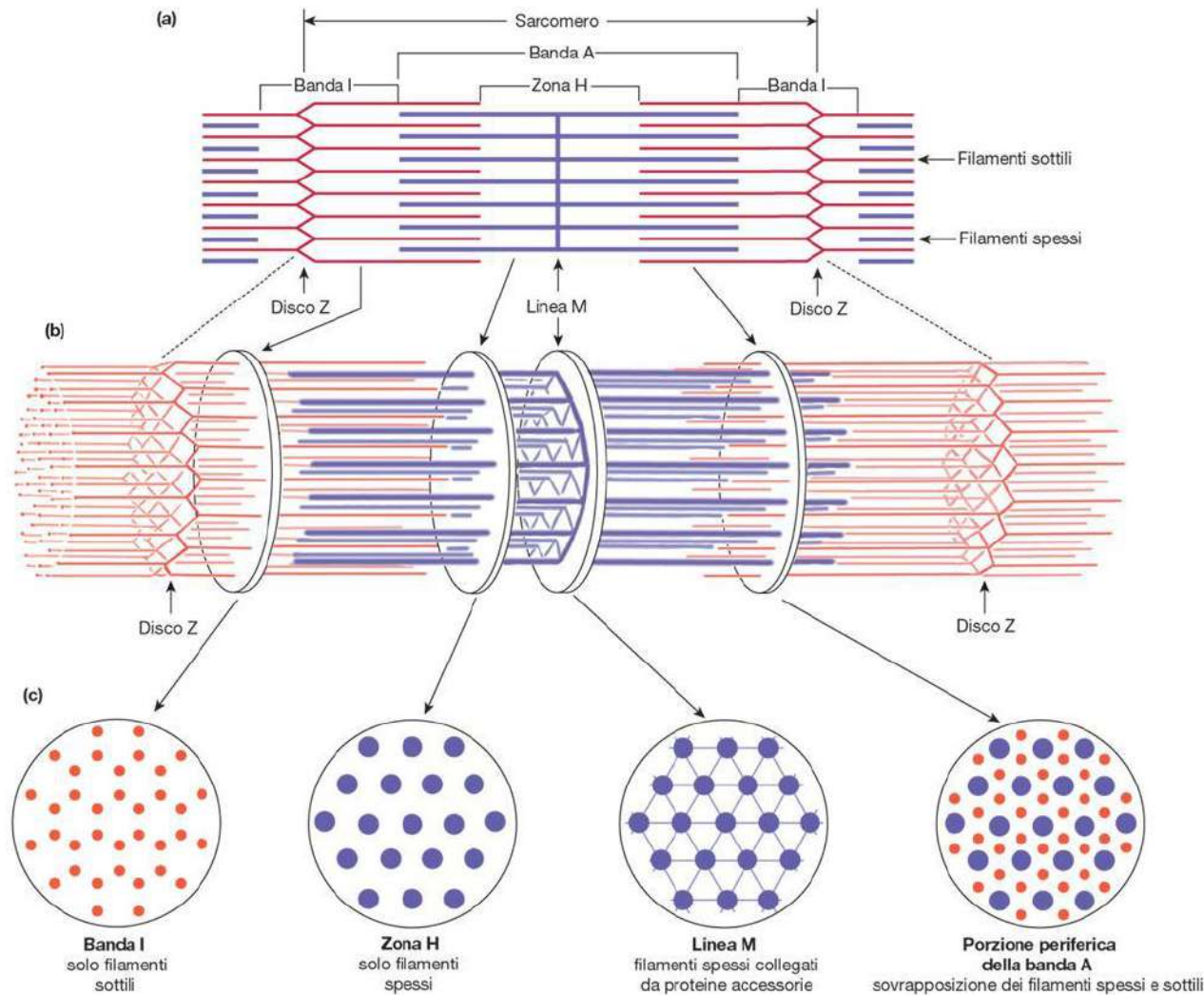
(c) Muscle contracted



(a)



# Sarcomero

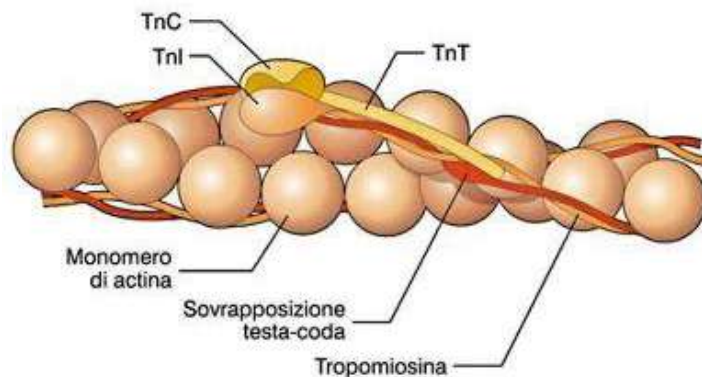
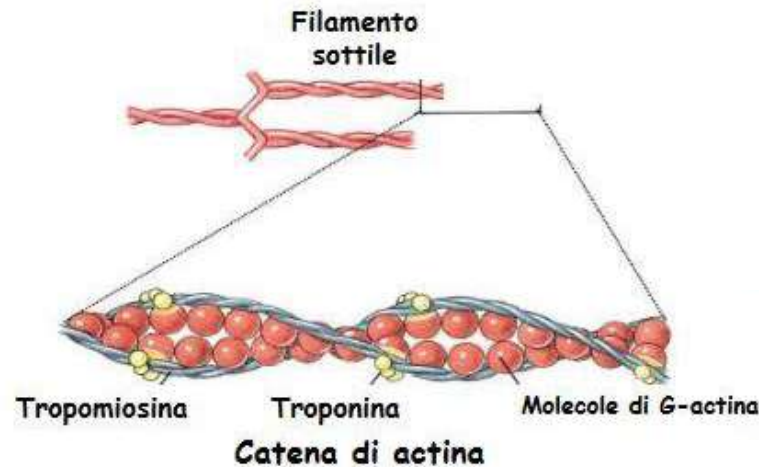


In sezione trasversale, a livello della banda A, i filamenti spessi appaiono disposti a formare un disegno triangolare estremamente regolare.

Nelle zone periferiche della banda A, dove i gruppi di filamenti di sovrappongono, ciascun filamento spesso è circondato da sei filamenti sottili disposti agli angoli di un esagono e ogni filamento sottile è equidistante da tre filamenti spessi.

La linea Z è costituita da filamenti sottili appartenenti a due sarcomeri contigui che terminano ai margini della linea Z e sono connessi tra loro per mezzo di filamenti diversi da quelli della banda I, detti filamenti Z, appartenenti in proprio a tale linea.

# Filamento sottile

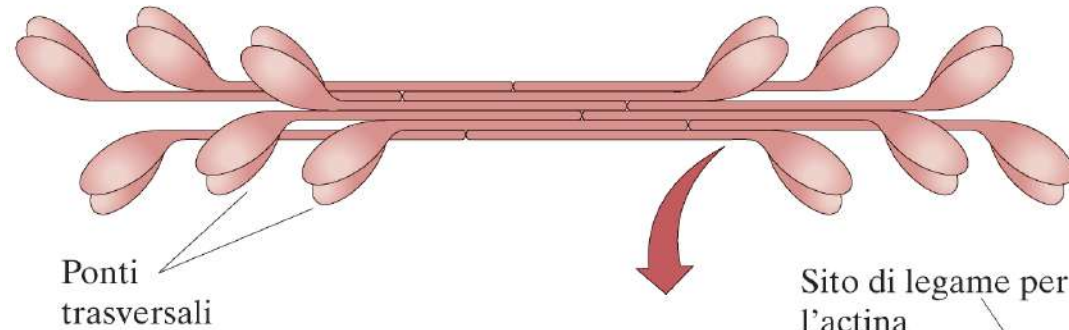


Il filamento sottile è costituito da una doppia elica di F-actina (derivante dalla polimerizzazione della G-actina). A livello della G-actina si trovano i siti di legame per la miosina. Il filamento di actina è associato a proteine accessorie:

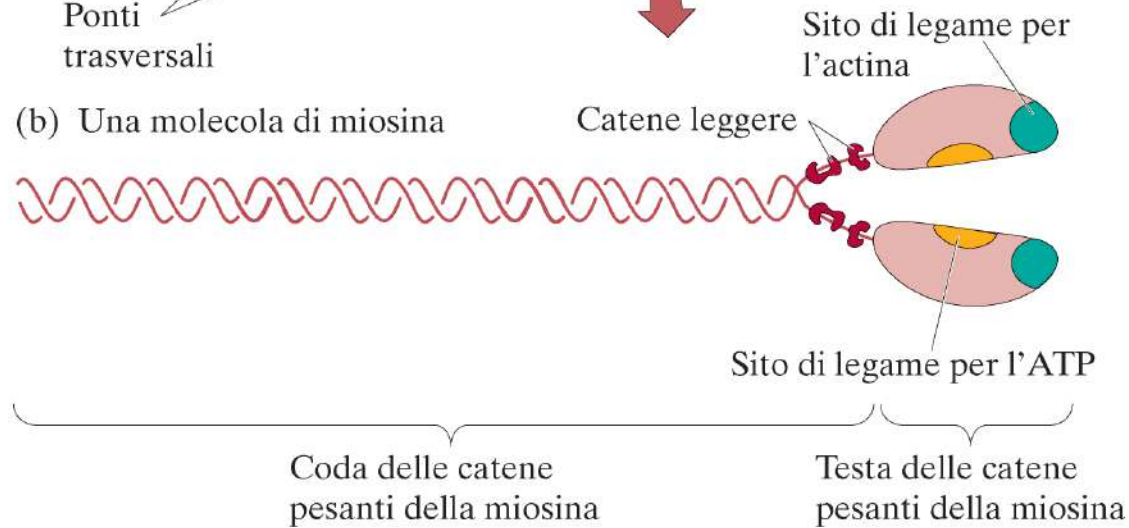
- Tropomiosina: Proteina filamentosa, costituita da 2  $\alpha$  eliche, disposta nel solco fra le due eliche di actina.
- Troponina, costituita da tre subunità globulari (C,T ed I) disposte ad intervalli regolari (38.5 nm) lungo i filamenti di tropomiosina.
  - La troponina C lega  $\text{Ca}^{2+}$ ,
  - La troponina I inibisce l'ATPasi acto-miosinica
  - a troponina T è responsabile del legame alla tropomiosina Il complesso troponina-tropomiosina, in assenza di  $\text{Ca}^{2+}$ , inibisce l'interazione actina-miosina.

# Filamento spesso

(a) Le molecole di miosina in un filamento spesso



(b) Una molecola di miosina

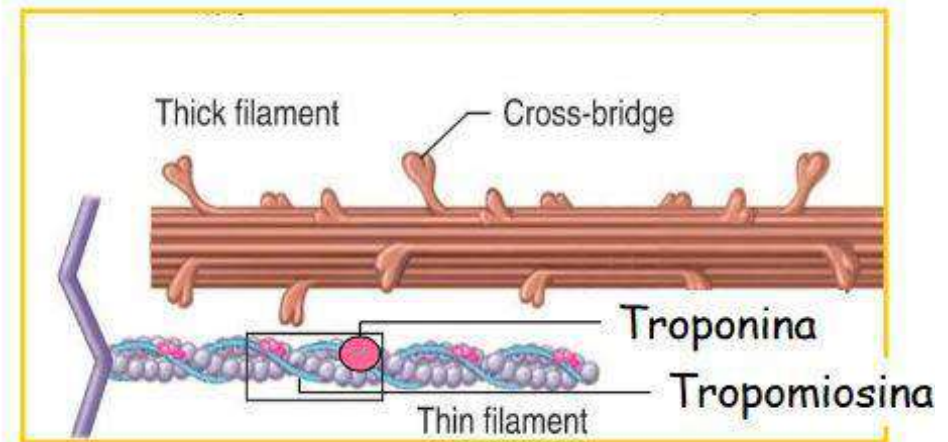
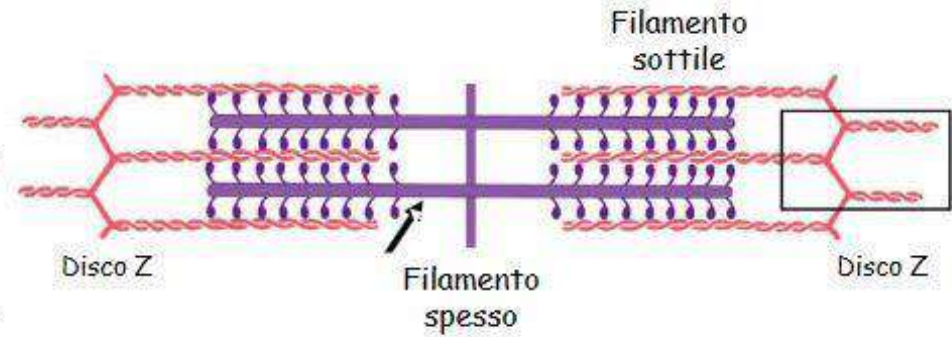
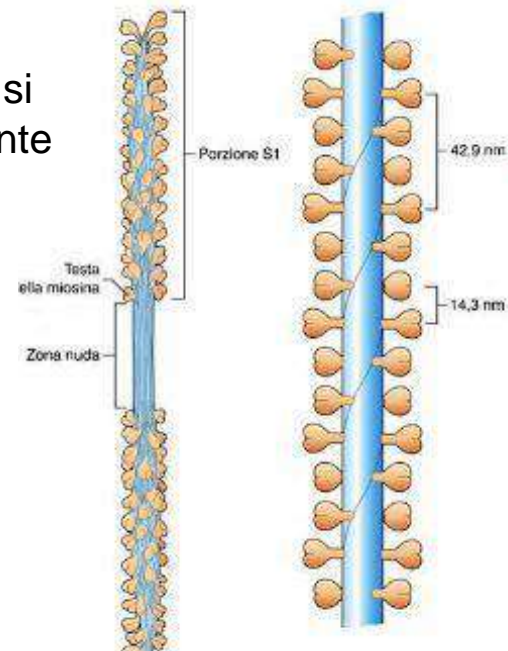


Il filamento spesso è formato da molecole di miosina.

La miosina è composta da due catene pesanti di circa 2000 amminoacidi ciascuna. Le estremità N-terminali vanno a formare la regione globulare, dotata di due teste, mentre le code C-terminali si sviluppano come due code intrecciate (due  $\alpha$ -eliche superavvolte tra loro). Quattro catene leggere con funzione regolatoria si uniscono alla struttura nella regione di confine tra testa e coda.

# Interazione tra filamenti

Le teste di miosina si ripetono regolarmente ruotate di  $60^\circ$  ogni 14,3 nm.





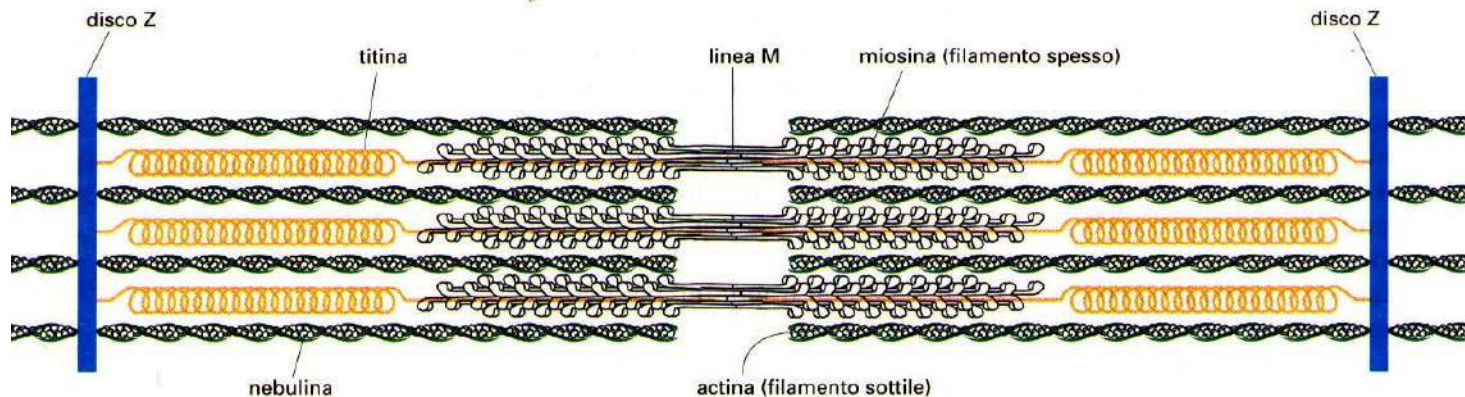
# Proteine accessorie della miofibrilla

I filamenti di actina sono ancorati ad estremità del disco Z mediante  $\alpha$ -actinina;

**Titina**: è il polipeptide più grande finora descritto; a forma di molla si estende dai filamenti spessi sino al disco Z; mantiene in posizione centrale al sarcomero i filamenti spessi di miosina (alterazioni della titina provocano la miopatia distale ad esordio adulto tardivo tipo 2 o MD di Markesbery-Griggs-Udd),

**Nebulina**: strettamente associata all'actina; interviene nell'assemblaggio dell'actina stessa e nella regolazione della sua lunghezza;

**Distrofina**: Proteina flessibile e allungata, ancorata alla membrana plasmatica che lega actina; la sua assenza o difetto causa la distrofia muscolare.

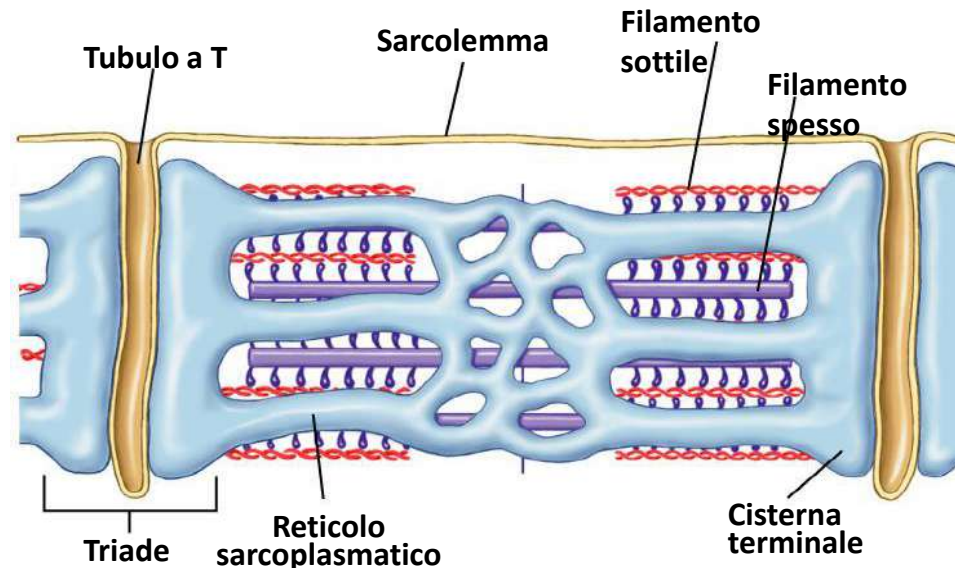


# Contrazione muscolare

Il segnale di innesco della contrazione muscolare è rappresentato da un incremento della concentrazione intracellulare di  $\text{Ca}^{2+}$ .

Il legame del  $\text{Ca}^{2+}$  alla troponina determina un cambiamento conformazionale della troponina che si ripercuote sulla tropomiosina la quale viene spostata più profondamente nel solco del doppio filamento di actina, rendendo liberi i siti di attacco dell'actina per la miosina.

Il  $\text{Ca}^{2+}$  necessario per l'innesco della contrazione muscolare deriva dal reticolo endoplasmico (detto sarcoplasmatico). Esso si estende come un sistema di tubuli, a sviluppo prevalentemente longitudinale, delimitati da membrana, che circonda le miofibrille delle fibrocellule muscolari.

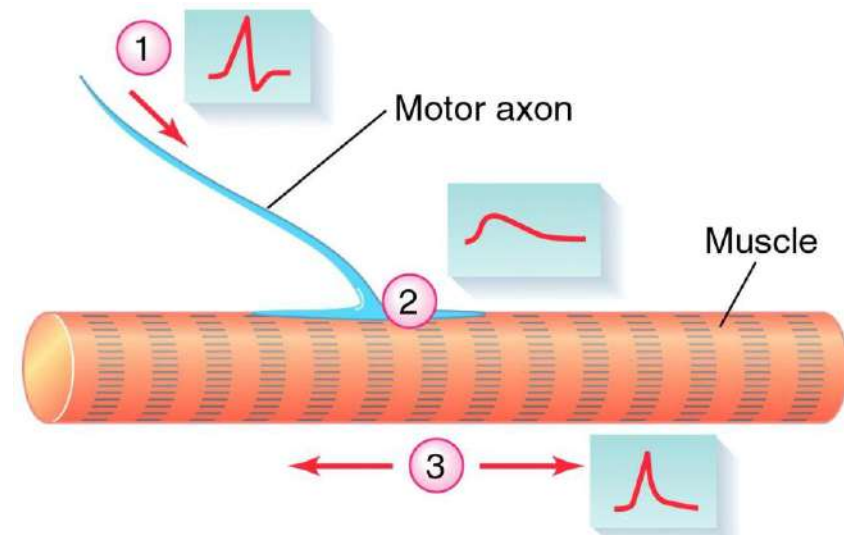


# Ruolo del $\text{Ca}^{2+}$ nella contrazione muscolare

L'incremento della concentrazione intracellulare di  $\text{Ca}^{2+}$ , che innesca la contrazione muscolare, è determinato dalla stimolazione della fibrocellula muscolare da parte del motoneurone.

Il  $\text{Ca}^{2+}$ , pertanto, consente di mediare l'accoppiamento tra contrazione muscolare (evento meccanico) ed evento elettrico, ossia il potenziale d'azione della fibrocellula muscolare (accoppiamento eccitazione contrazione), che a sua volta è innescato dal potenziale di placca a livello della sinapsi neuromuscolare.

L'arrivo del potenziale d'azione nel motoneurone (1) determina a livello della sinapsi neuromuscolare il rilascio di acetilcolina e la genesi del potenziale di placca (2), il quale a sua volta determina l'insorgere del potenziale d'azione nella membrana plasmatica della fibrocellula muscolare (3). Il potenziale d'azione si propaga lungo la membrana della fibra muscolare, induce il rilascio di  $\text{Ca}^{2+}$  dal reticolo sarcoplasmatico. Il  $\text{Ca}^{2+}$  uscito si lega con la troponina innescando la contrazione muscolare.



# Ruolo dell'ATP nella contrazione muscolare

L'ATP svolge tre ruoli importanti nella contrazione muscolare:

1. Consente il distacco della miosina dall'actina
2. Consente il trasferimento di energia alla testa della Miosina
3. Permette il trasporto attivo del  $\text{Ca}^{2+}$  nel reticolo sarcoplasmatico
4. Consente la costante attività della  $\text{Na}^{+}\text{-K}^{+}\text{-ATPasi}$  che genera e mantiene i gradienti di concentrazione del  $\text{Na}^{+}$  e del  $\text{K}^{+}$ , fondamentali per la genesi del potenziale d'azione.

Nel muscolo, come in altre cellule, esiste una riserva importante di gruppi fosforici attivi chiamata fosfocreatina o creatina fosfato (CP). La creatina fosfato si forma nel muscolo a riposo associando ad una molecola di creatina una molecola di fosfato inorganico.

Quando il corpo necessita immediatamente di grandi quantità di energia la fosfocreatina dona il suo gruppo fosfato all'ADP secondo la seguente reazione:



dove:

PC= CREATINA FOSFATO sintetizzata a riposo nel muscolo scheletrico associando ad una molecola di creatina una molecola di fosfato inorganico

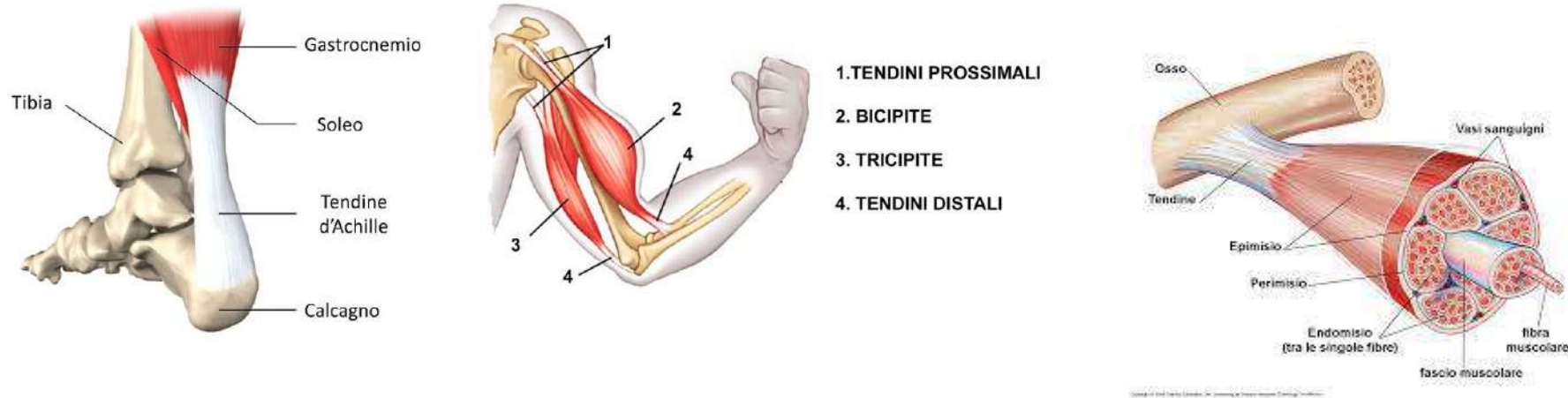
C=creatina

L'enzima che catalizza la reazione è la creatinchinasi.



# Il tendine

Il tendine è un tessuto connettivo regolare, denso, caratterizzato da una serie di cellule che trasmettono forza tra muscolo e osso.



Ogni fascio di tendine è a sua volta composto da unità chiamate fascicoli, che sono tenute insieme da un tessuto connettivo irregolare denso chiamato peritendineo.

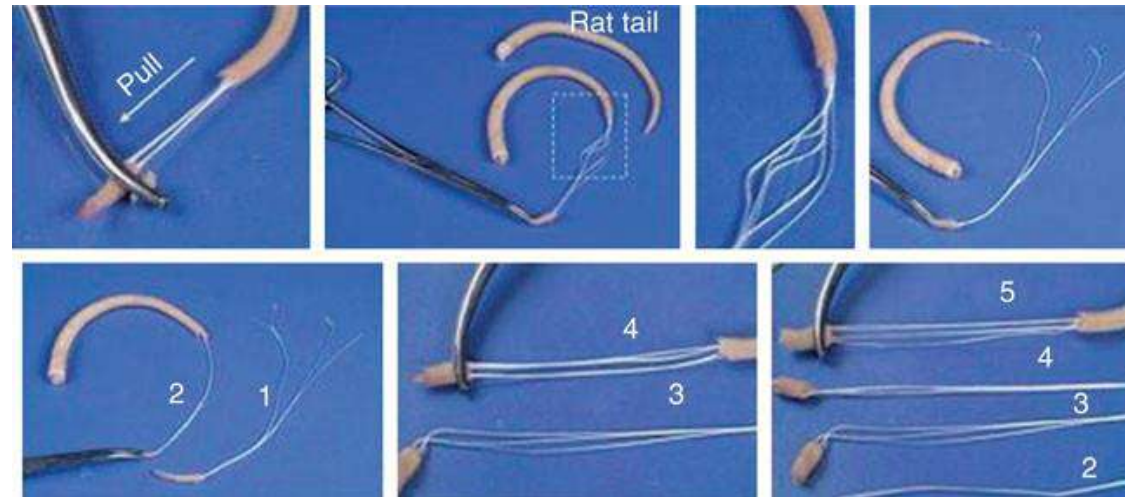
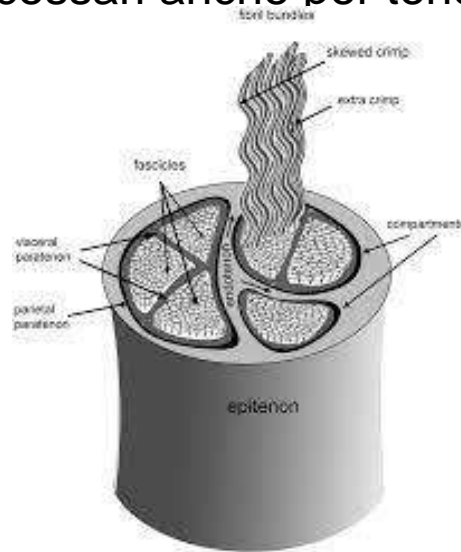
Gruppi di fibre di collagene formano i fascicoli, che sono separati da altri fascicoli da un tessuto connettivo areolare chiamato endotendineo.

# Il tendine

Ad esempio il tendine della coda di topo è una struttura uniassiale fatta di fibre tendinee, che sono quasi parallele all'asse del tendine.

Ad un'analisi di tali fibre esse alternano bande chiare e bande scure, legata ad una organizzazione periodica dell'orientazione delle fibre di collagene lungo l'asse tendineo.

Il principale componente delle fibre del tendine è il collagene e principalmente di tipo I anche se ci possono essere anche componenti di collagene di tipo III e tipo IV e da proteoglicani. Questi ultimi costituiscono circa lo 0,5% del residuo secco del tendine ed oltre a controllare il diametro delle fibrille, sono necessari anche per tenere le fibrille separate.



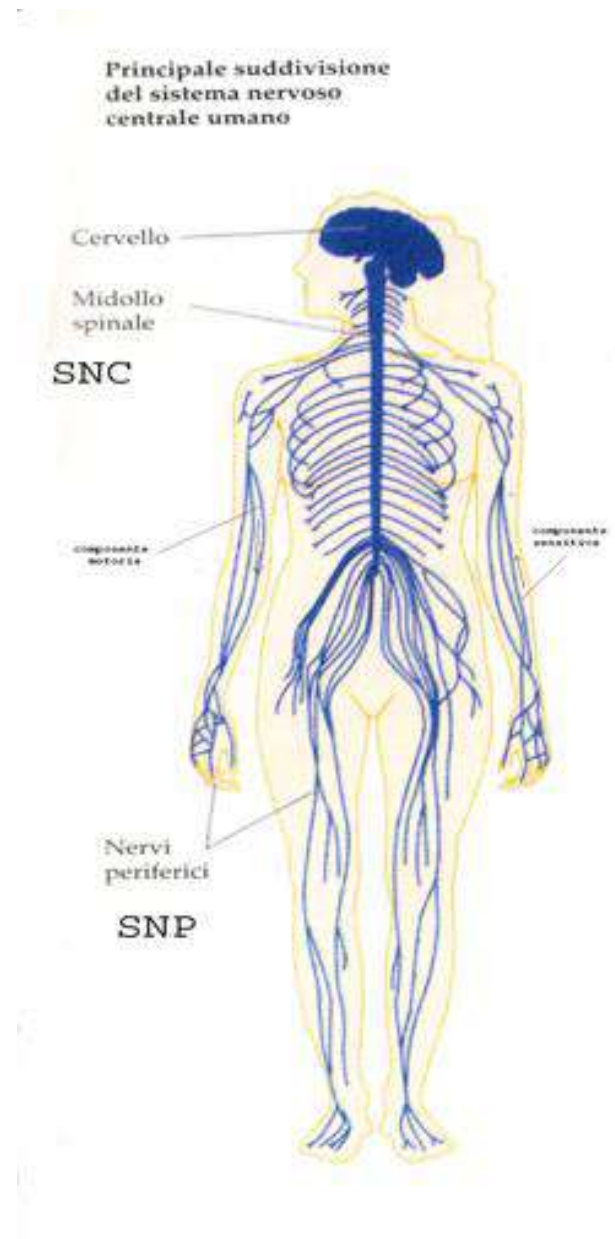
# Il tessuto nervoso


Il tessuto nervoso è il componente principale del sistema nervoso che regola tutti i processi dell'organismo e determina i rapporti tra tutti i processi processi dell'organismo e l'ambiente ad esso circostante. Le principali proprietà del tessuto nervoso sono l'eccitabilità e la conduttività-

Il sistema nervoso risponde ai vari stimoli che agiscono sull'organismo tramite l'eccitazione. L'eccitazione viene trasmessa dal tessuto nervoso nella forma dei cosiddetti impulsi nervosi. Il tessuto nervoso è formato dal cellule nervose e dal nevroglia.

Il sistema nervoso è organizzato anatomicamente in:

- sistema nervoso centrale (SNC) comprende il cervello e il midollo spinale
- sistema nervoso periferico (SNP) comprende i nervi cranici che derivano dal cervello e i nervi spinali emergenti dal midollo spinale con i gangli.





Il **sistema nervoso centrale** è suddiviso in due parti principali: il cervello ed il midollo spinale. Nell'uomo adulto, il cervello pesa mediamente da 1,3 a 1,4 Kg. Il cervello contiene circa 100 bilioni di cellule nervose (neuroni) e trilioni di cellule di supporto, chiamate glia.

Il midollo spinale è lungo circa 43 cm nella donna adulta e 45 cm nell'uomo adulto e pesa circa 35-40 g. La colonna vertebrale, la serie di ossa (ossa della schiena) che ospita il midollo spinale, è lunga circa 70 cm, così che il midollo spinale è molto più corto della colonna vertebrale.

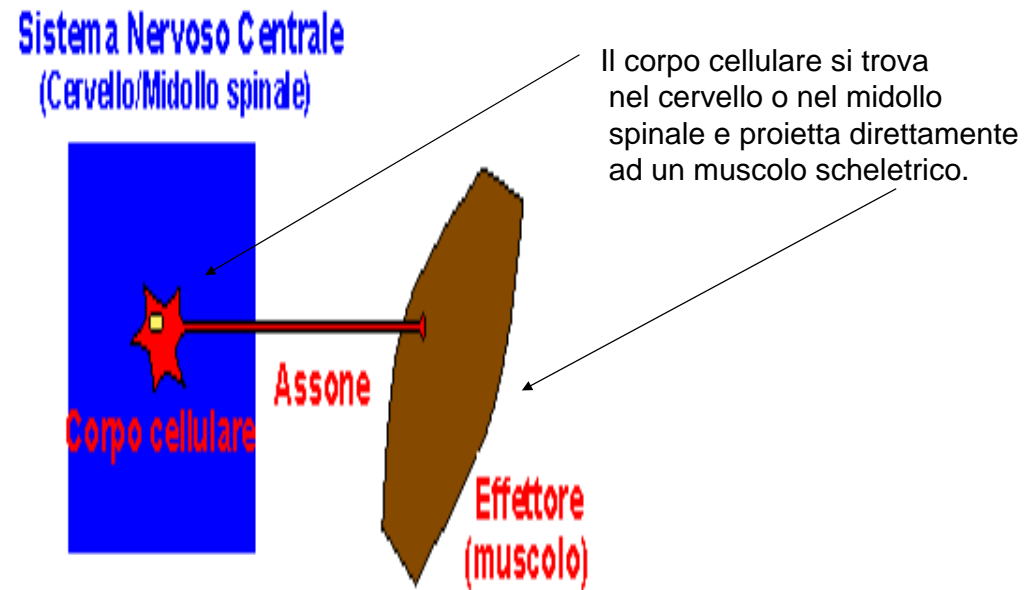
Il **sistema nervoso periferico** si suddivide in due parti principali:

- il sistema nervoso somatico responsabile delle risposte volontarie
- sistema nervoso autonomo, o vegetativo responsabile delle risposte involontarie



# Sistema Nervoso Somatico

Il sistema nervoso somatico è costituito da fibre nervose periferiche che inviano informazioni sensitive al sistema nervoso centrale e fibre nervose motorie che si portano ai muscoli scheletrici.



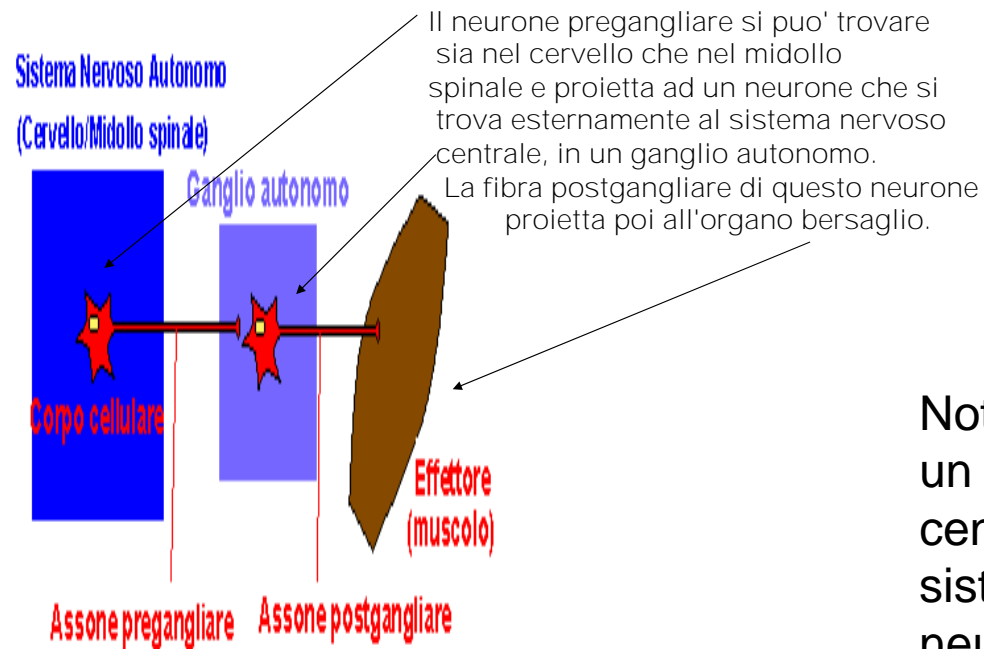
SISTEMA NERVOSO SOMATICO

# Sistema Nervoso Autonomo o vegetativo

Il sistema nervoso autonomo è suddiviso in due parti ad azione antagonista:

- Il simpatico (toracico - lombare)
- il parasimpatico (craniosacrale)

Il sistema nervoso autonomo controlla la muscolatura liscia dei visceri e le ghiandole.



Notare che il sistema nervoso somatico ha un solo neurone fra il sistema nervoso centrale e l'organo bersaglio, mentre il sistema nervoso autonomo utilizza 2 neuroni

# Sistema Nervoso Simpatico

Il Simpatico nasce nel midollo spinale.

Qui, i corpi cellulari del primo neurone (il neurone pregangliare) sono localizzati nei tratti toracico e lombare.

Gli assoni che originano da questi neuroni si portano ad una catena di gangli situata ai due lati della colonna vertebrale (la catena gangliare latero-vertebrale).

Nella catena gangliare, la maggior parte dei neuroni contrae sinapsi con un altro neurone (il neurone post-gangliare).

Il neurone post-gangliare proietta quindi al "bersaglio": un muscolo (liscio o cardiaco) o una ghiandola.

Stimola il cuore, dilata i bronchi, contrae le arterie e inibisce l'apparato digerente. Prepara l'organismo all'attività fisica.

# Sistema Nervoso Parasimpatico

È chiamato sistema autonomo cranio-sacrale poiché fa capo ai nuclei visceromotori dei nervi encefalici e alle colonne visceromotorie sacrali.

Il parasimpatico è un sistema che predispone all'alimentazione, alla digestione, al sonno e al riposo.

I centri del parasimpatico si trovano nel tronco encefalico e nella parte sacrale del midollo spinale.

Nel tronco encefalico vi sono i nuclei per l'innervazione di ghiandole salivari, nasali, lacrimali e di tutti gli organi fino alla flessura sinistra del colon che rappresenta il punto di confine tra intestino medio e intestino caudale.

In questo sistema i rami pregangliari sono corti e raggiungono i gangli esterni all'organo da innervare.

Nel cuore, il parasimpatico ha il compito di diminuire i battiti cardiaci, la pressione, e provocare una vasocostrizione delle arterie del cuore (le coronarie). Una costrizione coronaria determina un minore apporto di sangue al cuore.

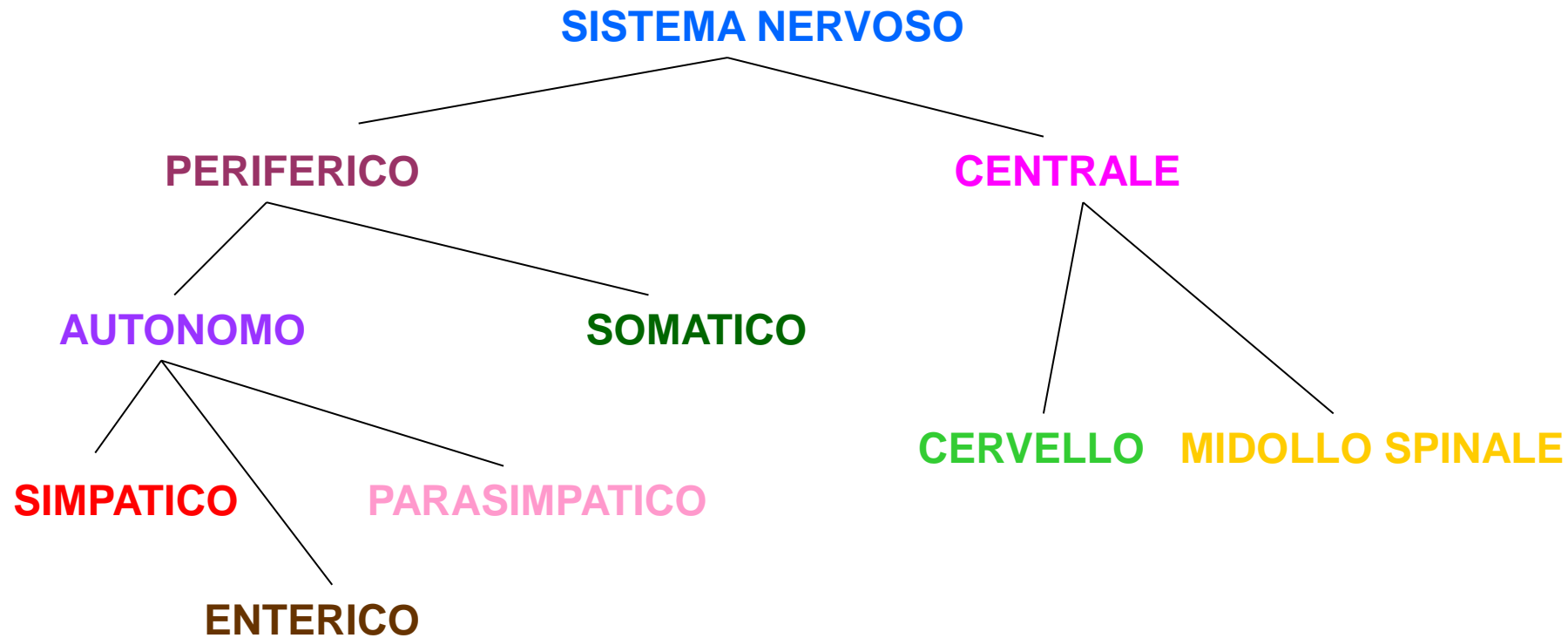
Nel tratto digerente, il vago rappresenta il parasimpatico e agisce provocando la peristalsi e, a livello gastrico, la secrezione di HCl.



# Sistema Nervoso Enterico

- Il sistema nervoso enterico è un intrigo di fibre nervose che innerva i visceri (tratto gastrointestinale, pancreas, cistifellea). Nei vari organi questo agisce tramite i plessi (plesso mioenterico e plesso sottomucoso)

Azioni del Sistema Nervoso Autonomo		
Struttura	Stimolazione del Simpatico	Stimolazione del Parasimpatico
Occhio (Iride)	Dilatazione della pupilla	Constrizione della pupilla
Ghiandole salivari	Riduzione della salivazione	Aumento della salivazione
Mucosa orale	Riduzione della produzione di muco	Aumento della produzione di muco
Cuore	Aumento della frequenza dei battiti e della forza di contrazione	Diminuzione della frequenza dei battiti e della forza di contrazione
Polmoni	Rilassamento dei bronchi	Contrazione della muscolatura bronchiale
Stomaco	Riduzione della motilità	Secrezione di succo gastrico e aumento della motilità
Intestino tenue	Riduzione della peristalsi	Aumento dei processi digestivi
Intestino crasso	Riduzione della motilità	Aumento della secrezione e della motilità
Fegato	Aumentata glicogenolisi	
Rene	Diminuzione della diuresi	Aumento della diuresi
Midollare surrenale	Secrezione di Adrenalina e Noradrenalina	
Vescica	Rilassamento della parete e chiusura dello sfintere	Contrazione della parete e rilasciamento dello sfintere

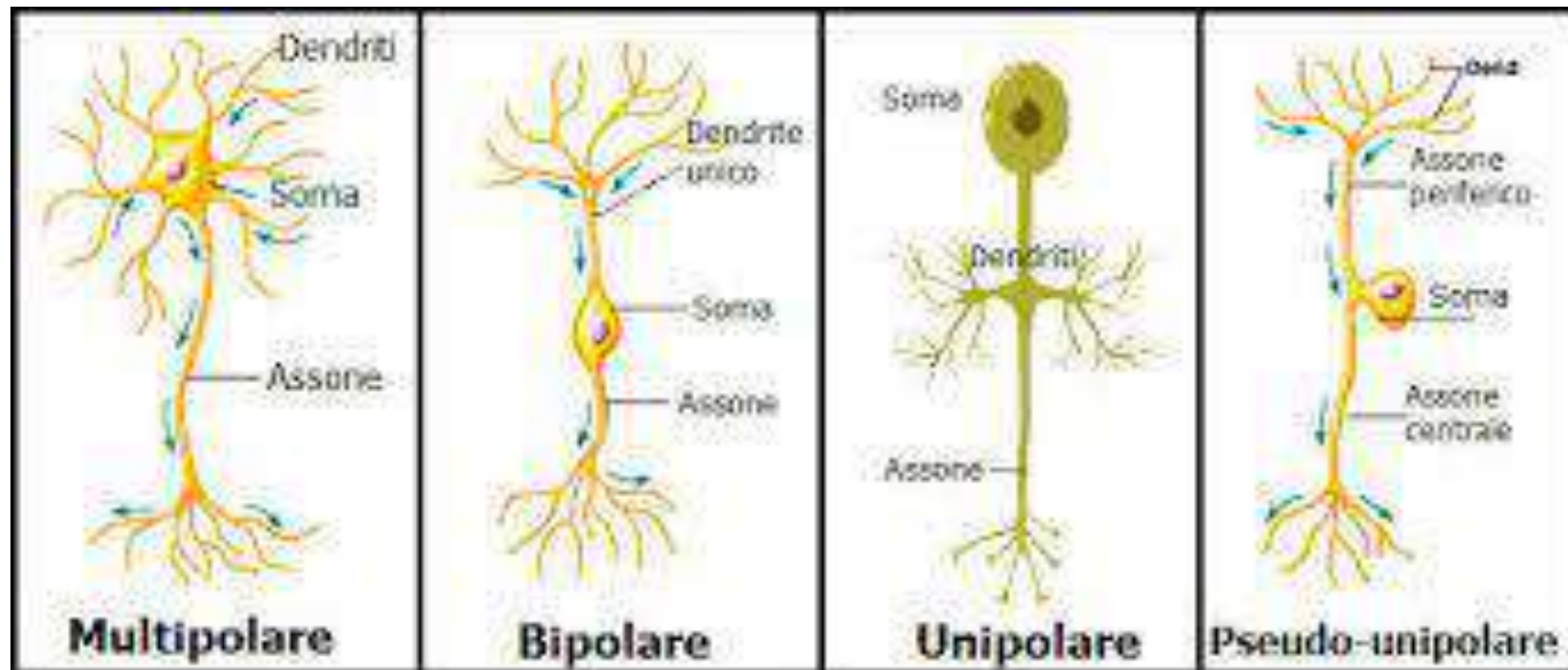


**Il Sistema Nervoso Autonomo è SEMPRE in attività, e non soltanto durante le reazioni di "attacco o fuga" (SIMPATICO) o "riposo e digestione" (PARASIMPATICO). Il SNA agisce, infatti, per mantenere normale l'attività degli organi interni e lavora collaborando col Sistema Nervoso Somatico.**

# La cellula nervosa

La cellula nervosa o neurone è formata dal corpo della cellula, dai suoi processi e dalle sue fini. I neuroni sono descritti secondo il numero dei processi, come unipolari (con un solo processo), bipolari (con due processi), multipolari (con tre o più processi).

Ci sono anche le cellule pseduounipolari: un processo si libera dal corpo di tale cellula e poi si divide in due processi.





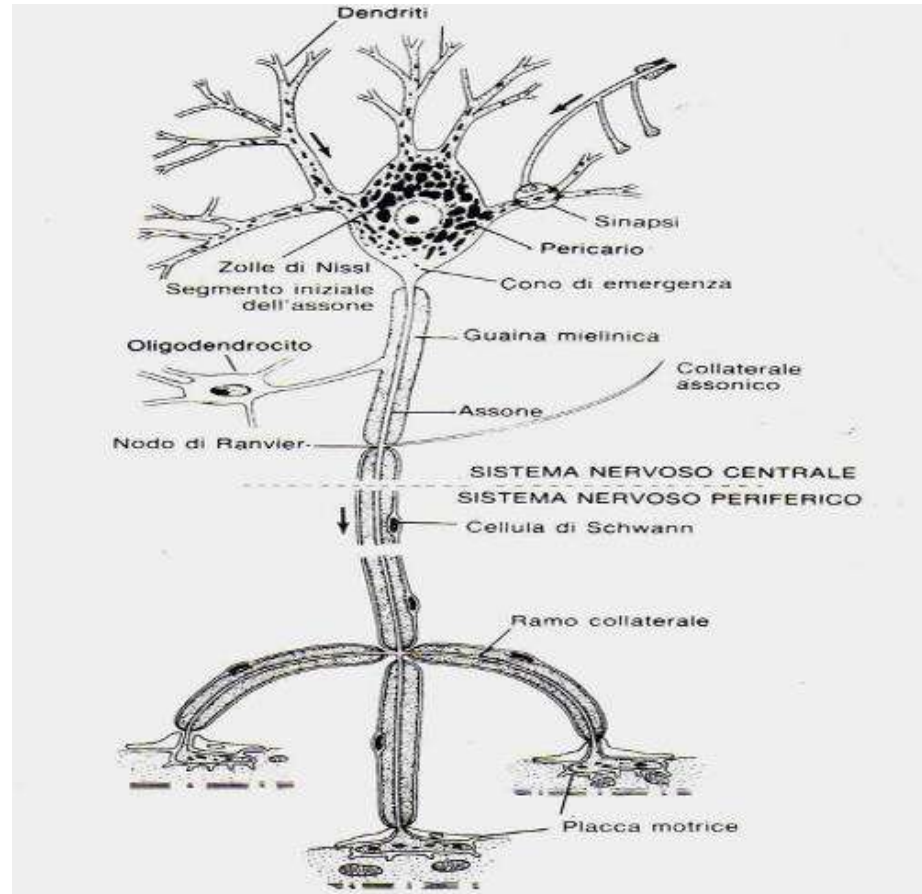
# La cellula nervosa

Le cellule nervose sono distinte, secondo la loro funzione in: sensoriali, internunziali, motoree, ecc.

Ogni neurone ha uno o più processi in base al tipo di neurone, la dendrite, lungo la quale viene trasmessa l'eccitazione al corpo della cellula. Le dendriti sono di solito corte e ramificate, mentre le neuriti sono lunghe. Soltanto alcune cellule hanno delle dendriti lunghe.

Il corpo del neurone contiene un nucleo ed un citoplasma (il neuroplasma). Oltre agli organelli comuni a tutte le cellule, il citoplasma del neurone contiene delle strutture speciali connesse con la funzione specifica del tessuto nervoso. Queste sono le neurofibrille (fibrille molto sottili) che corrono attraverso il corpo della cellula senza interruzione da un processo all'altro.

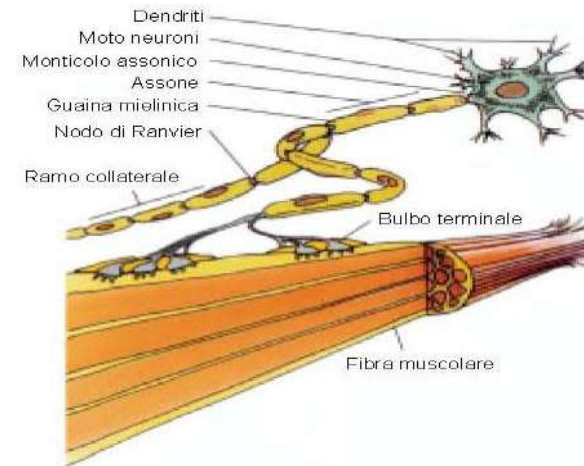
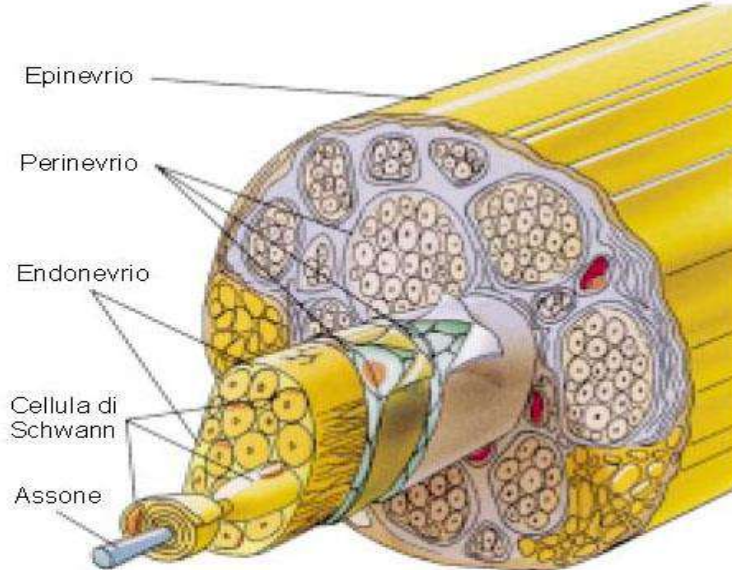
Un'altra struttura speciale del neuroplasma è la cosiddetta sostanza tigroide (sostanza Nissl); questa sostanza è composta da granelli e da piccoli grumi. La sostanza tigroide scompare da una cellula, che ha innervato un organo operante per lungo tempo, e riappare quando la cellula è a riposo.



# Le fibre nervose

Le fibre nervose, i processi delle cellule nervose sono formate da citoplasma con neurofibrille che li percorrono. Le membrane dei processi non sono uniformi nella struttura, e le fibre nervose mielinate e non, sono distinte.

Le fibre nervose mielinate, hanno una guaina di sostanza bianca e untuosa detta mielina, le fibre non mieliniche non hanno tale guaina. Le terminazioni nervose o ricevono lo stimolo o trasmettono l'eccitazione agli organi operanti. I primi, sono detti finali sensoriei o recettori, ed i secondi sono detti finali motorei ( nei muscoli) e finali secretori ( nelle ghiandole).



# Le fibre nervose

Gli impulsi passano da una cellula all'altra, attraverso la sinapsi che è la regione di comunicazione tra i neuroni.

Il secondo elemento del sistema nervoso è la nevroglia, che è formata da cellule dalle svariate forme, ma principalmente dendritiche (stellate e dendriformi). Le cellule della nevroglia non sono solo presenti nel cervello e nel midollo spinale, ma anche nelle cosiddette guaine di schwann, ed accompagnano le fibre nervose provenienti dal cervello.

Nel tessuto nervoso, la nevroglia compie delle funzioni trofiche, protettive ed in parte di sostegno.

La funzione metabolica e di supporto dei neuroni è svolta dalle cellule di nevroglia anche dette cellule gliali.

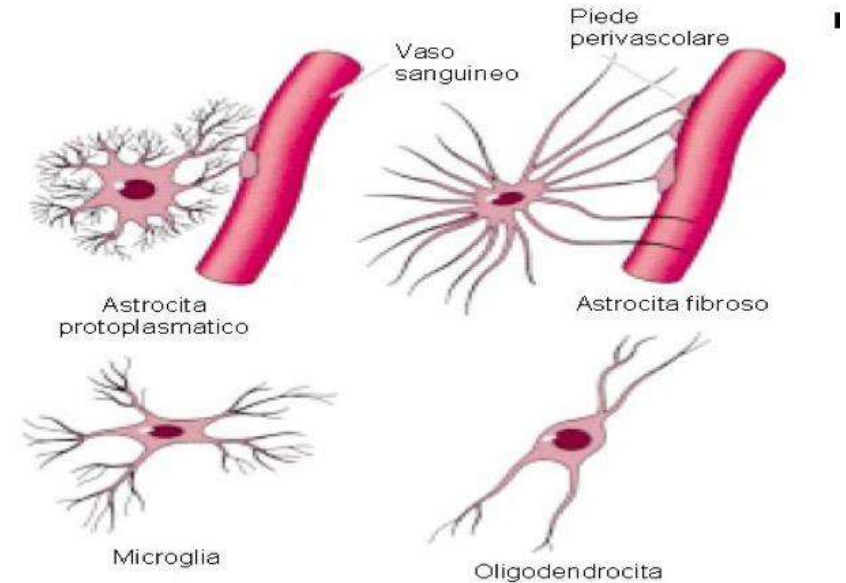
Sono in grado di recuperare gli ioni e i prodotti del metabolismo dei neuroni, come il potassio il glutammato e altro che si accumula attorno ai neuroni.

Il numero delle cellule di nevroglia è 10 volte più alto rispetto a quello dei neuroni.

Conservano la capacità di dividersi per tutta la vita.

Non sono coinvolte nella conduzione nervosa.

Si dividono in cellule localizzate nel SNC e in quelle localizzate nel SNP.

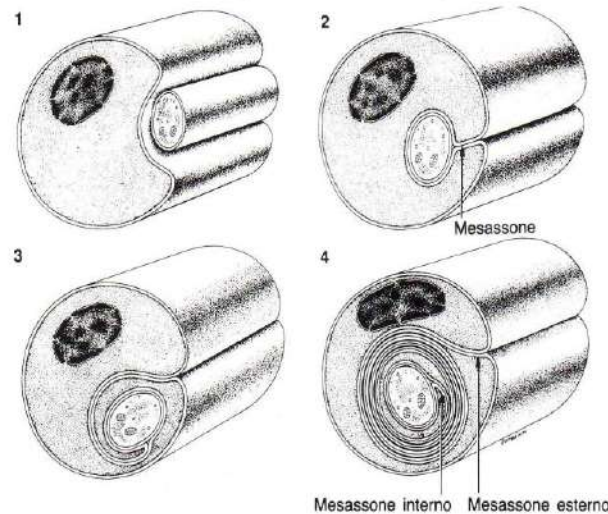


# Cellule di Schwann (SNP)

Si avvolgono attorno agli assoni nel SNP, formando il rivestimento mielinico.

Sono appiattite con nucleo piatto, pochi mitocondri e un piccolo apparato di Golgi.

La mielina è costituita dal plasmalemma della cellula che si avvolge più volte attorno all'assone.



Quattro fasi consecutive della formazione di mielina in fibre nervose periferiche.

Ad intervalli regolari la guaina si interrompe e queste regioni amieliniche si indicano come nodi di Ranvier.

Il segmento di fibra compreso fra due nodi di Ranvier successivi si dice internodo o segmento internodale, esso è occupato da una sola cellula di Schwann.



## La sinapsi e la conduzione dell' impulso nervoso

- Le sinapsi sono siti dove gli impulsi nervosi passano da una cellula **presinaptica** (neurone) ad un' altra cellula **postsinaptica** (un neurone, una cellula muscolare o ghiandolare).
- Le sinapsi quindi permettono la comunicazione fra neuroni e fra questi e le cellule effettrici.
- La trasmissione dell'impulso nervoso può avvenire o elettricamente o chimicamente

# Sinapsi elettriche

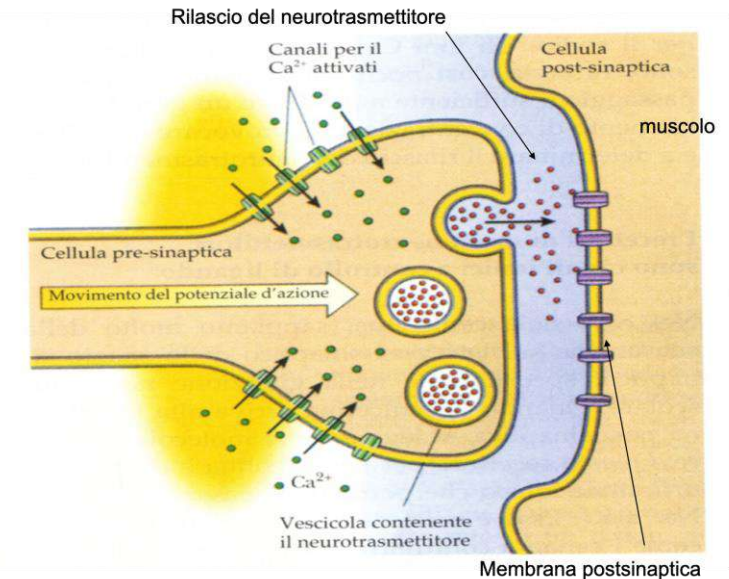
- Sono poco frequenti nei mammiferi, si incontrano nella retina e nella corteccia cerebrale.
- Sono realizzate tramite **giunzioni comunicanti o nexus**, che permettono libero flusso di ioni da una cellula all'altra.
- Quando si realizza fra neuroni si genera flusso di corrente.
- La trasmissione dell'impulso è più veloce nelle sinapsi elettriche.

# Sinapsi chimiche

- Rappresentano il modo più frequente di comunicazione fra due cellule nervose.
- La membrana **presinaptica** libera uno o più **neurotrasmettitori** nelle **fessure intersinaptiche**, spazi fra la membrana **presinaptica** della prima cellula e la membrana **postsinaptica** della seconda cellula.
- Il **neurotrasmettitore** diffonde attraverso lo spazio **intersinaptico** e si lega ai **recettori** della **membrana postsinaptica**
- Il legame sui recettori scatena l'apertura dei canali ionici che consentono il passaggio di ioni che modificano la permeabilità della membrana postsinaptica ed invertono il potenziale di membrana.

# Potenziale eccitatorio e inibitorio

- Quando lo stimolo sulla sinapsi porta la depolarizzazione della membrana postsinaptica ad un livello tale da provocare un potenziale d'azione, si parla di **potenziale postsinaptico eccitatorio**
- Quando al contrario uno stimolo della sinapsi porta ad un aumento della polarizzazione si crea un **potenziale postsinaptico inibitorio**.





# Tipo di sinapsi chimiche

- Le sinapsi chimiche possono essere divise in:
- **sinapsi assodendritiche** (fra un assone e un dendrite)
- **sinapsi assomatiche** (fra un assone e un soma)
- **sinapsi assoassoniche** (fra due assoni)
- **sinapsi dendrodendritiche** (fra due dendriti)

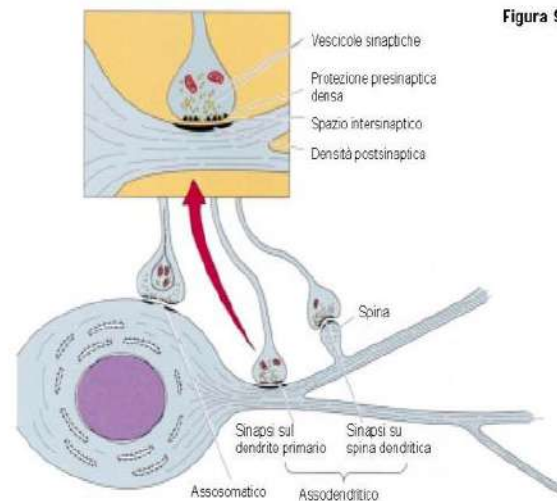
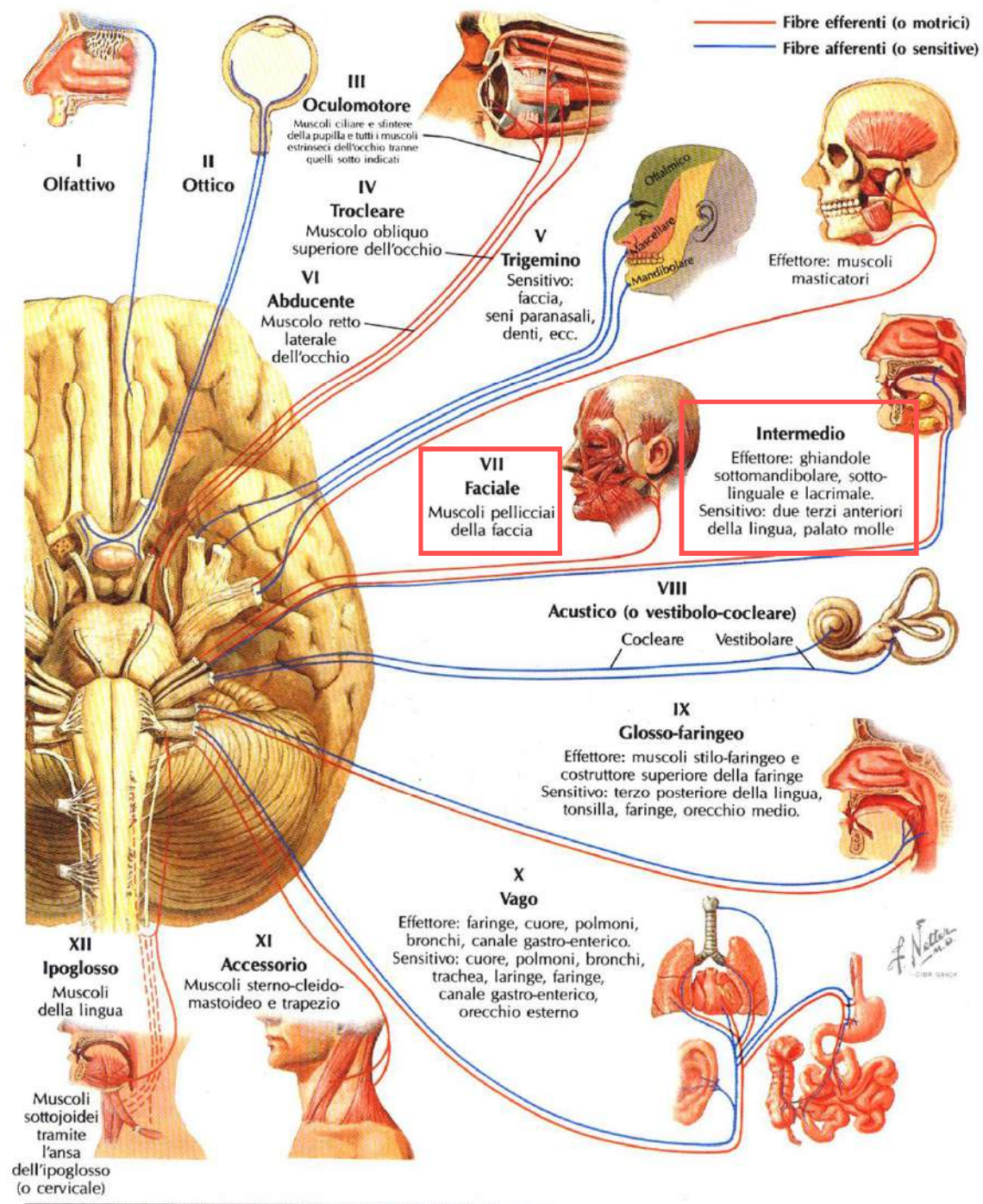


Figura 9-17. Vari tipi di sinapsi.



# Il nervo Vago

Il nervo vago, o nervo pneumogastrico, è uno dei dodici nervi cranici dell'essere umano, per la precisione il decimo.

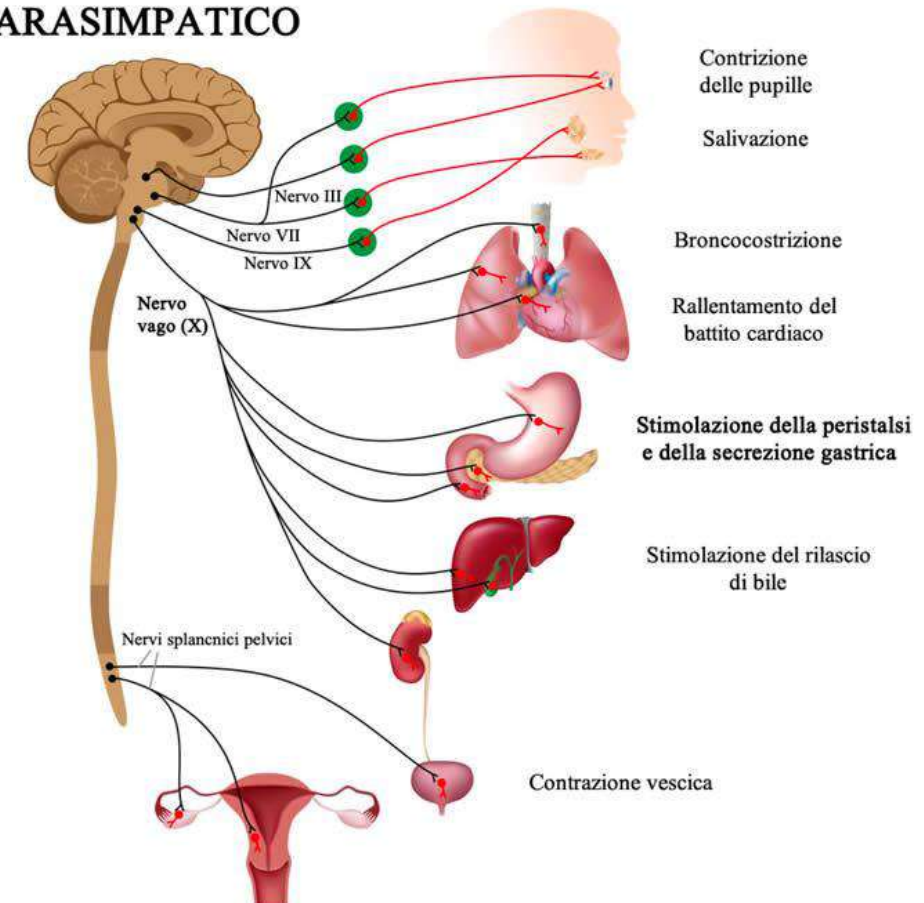
Il nervo vago è il principale rappresentante delle fibre nervose che compongono il sistema nervoso parasimpatico: secondo alcuni studi, costituirebbe il 75% circa di quest'ultime.

All'interno del corpo umano, compie un lungo percorso: dalla sua nascita nel midollo allungato, attraversa il foro giugulare, passa per il collo, scende nel torace e, da qui, giunge fino all'addome.

Nel suo decorso verso l'addome, stabilisce numerose innervazioni: con il condotto uditivo esterno, con la trachea, con lo stomaco, con i polmoni, con lo stomaco, con l'intestino ecc.

Le funzioni svolte sono ovviamente di tipo parasimpatico.

## SISTEMA NERVOSO PARASIMPATICO



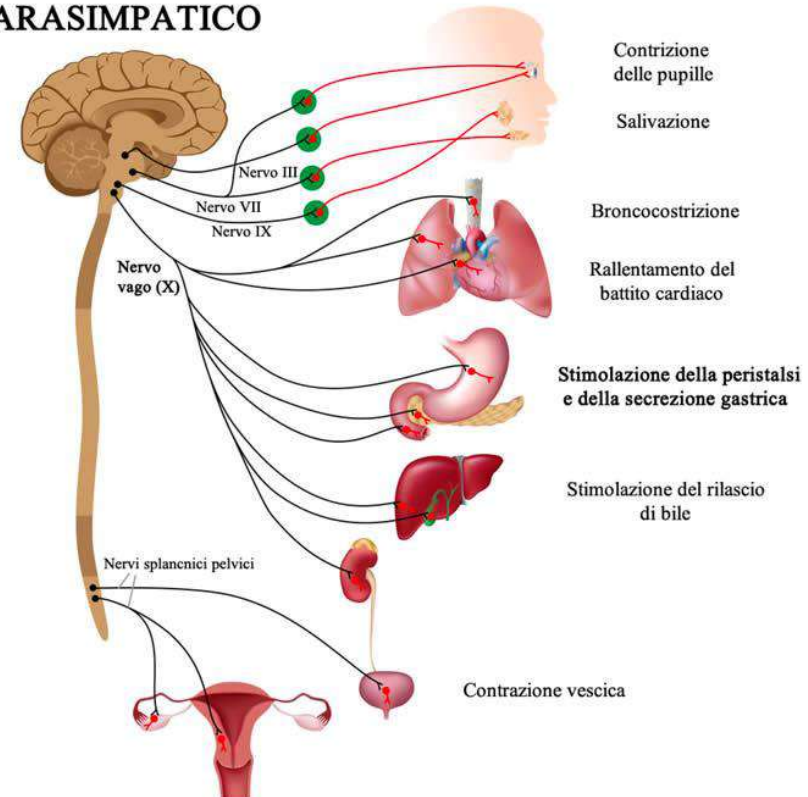
# Il nervo Vago

Il termine "vago" deriva dalla parola latina "vagus", che significa "vagabondo", "errante". Probabilmente, i medici hanno coniato questo nome in riferimento al lungo e intricato percorso che il nervo vago compie all'interno del corpo umano.

Decisamente diversa è, invece, la ragione alla base dell'utilizzo del termine "pneumogastrico". Tale aggettivo si riferisce a due importanti innervazioni del nervo vago: l'innervazione dei polmoni ("pneumo") e l'innervazione dello stomaco ("gastrico").

A partire dalla base del collo (quindi anche a livello toracico e addominale), il nervo vago di destra e il nervo vago di sinistra seguono un decorso diverso, che li distingue l'uno dall'altro.

## SISTEMA NERVOSO PARASIMPATICO





# Il nervo Vago

Il nervo vago è, per la precisione, un nervo misto somatico e viscerale.

Infatti, possiede: gruppi di fibre nervose sensitive collegate a elementi anatomici esterni (come per esempio la cute del condotto uditivo esterno); gruppi di fibre nervose sensitive che trasportano informazioni a partire da differenti visceri del corpo umano presenti tra collo e addome; e, infine, gruppi di fibre nervose motorie che innervano la muscolatura volontaria e involontaria di numerosi visceri presenti tra collo e addome.

Medici ed esperti di neurologia (la branca medica che si occupa del sistema nervoso) hanno ritenuto opportuno suddividere i vari assoni del nervo vago in cinque categorie principali, riportate nella tabella sottostante:

Le fibre efferenti viscerali generali (GVE)	Innervano le ghiandole mucosali della faringe e della laringe e la muscolatura liscia degli organi del collo (trachea), del torace (bronchi, polmoni e cuore) e dell'addome (stomaco e intestino).
Le fibre efferenti viscerali speciali (SVE)	Innervano i muscoli scheletri di faringe e laringe (muscolo elevatore palatino, muscolo salpingofaringeo ecc) e controllano i meccanismi di deglutizione e fonazione.
Le fibre afferenti somatiche generali (GSA)	Controllano la sensibilità cutanea a livello del condotto uditivo esterno. Sono in collegamento con la membrana timpanica (o timpano)
Le fibre afferenti viscerali generali (GVA)	Deputati alla sensibilità viscerale, trasportano le informazioni sensitive dai visceri toracici (trachea, esofago, bronchi, polmoni e cuore) e addominali (pancreas, milza, stomaco, reni, surreni e intestino) e da alcuni importanti vasi sanguigni, come carotide e aorta (precisamente arco aortico).
Le fibre afferenti viscerali speciali (SVA)	Controllano il gusto nella parte posteriore della lingua (vicino all'epiglottide).

# Il Nervo Vago

Alla luce di quanto affermato finora, è possibile adesso descrivere con maggiore semplicità gli effetti parasimpatici del nervo vago.

Questa lunga struttura nervosa, una volta stimolata, può determinare l'aumento delle secrezioni digestive (tra cui quella salivare, gastrica, pancreatica, biliare ed enterica), la diminuzione della frequenza cardiaca (bradicardia), l'incremento dell'attività di peristalsi (soprattutto a livello intestinale), la contrazione dei muscoli bronchiali e la dilatazione dei vasi arteriosi innervati (carotidi, aorta ecc).