

mercoledì 22 ottobre 2025

mariarosa.miloso@unimib.it

scienze biomediche 1: istologia

L'insieme degli atomi e delle molecole vanno a formare le cellule, e a seguire l'insieme delle cellule costituiscono i **tessuti**. Quest'ultimi possono essere classificati in: **epiteliale, connettivo, nervoso e muscolare**. Inoltre, alcuni tessuti vanno a formare alcuni organi e questi formano apparati o sistemi

- apparato= costituito da organi con embriologia differente invece i sistemi hanno un'embriologia comune

La forma base di ogni organismo è l'**omeostasi** ovvero mantenimento dell'equilibrio nell'ambiente interno (quando noi siamo bene siamo in un perfetto stato di equilibrio interno)

Tessuto epiteliale:

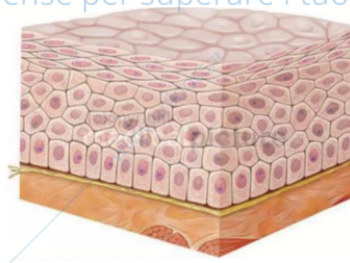
È costituito da cellule contigue, molto vicine tra loro e presenta hanno una scarsa matrice extracellulare.

Le caratteristiche di questo tessuto sono:

- **cellularità**: cellule sono molto vicine tra di loro
- **assenza di vascolarizzazione**: questo tessuto non è vascolarizzato, ma è sempre associato a tessuto connettivo che lo nutre.
- **terminazioni nervose sensitive**: le cellule epiteliali possono avere terminazioni nervose sensitive
- **polarità morfologica e funzionale**: le cellule epiteliali hanno una polarità morfologica e funzionale quando possiedono una distribuzione asimmetrica degli organelli
- **ancoraggio**: ovvero che le cellule epiteliali sono ancorate alla lamina basale
- **rigenerazione**: queste cellule sono in continuo cambio cellulare

Funzioni tessuto epiteliale:

- Protezioni fisica: gli epiteli proteggono i tessuti sottostanti da danni meccanici e chimici
- Assorbimento: alcuni epiteli sono specializzati nell'assorbimento di sostanze
- Secrezione: gli epiteli ghiandolari producono e secernono sostanze come ormoni ed enzimi
- Regolazione della permeabilità: epiteli regolano il passaggio di sostanze
- Sensibilità (nervi sensitivi): alcuni epiteli sono specializzati nella percezione degli stimoli



Lato apicale che guarda il lume dell'organo
 Superfici laterali
 Lato apicale
 Lato basale
 Membrana basale

Specializzazioni della superficie apicale

Le cellule epiteliali possono avere diverse specializzazioni sulla superficie apicale, tra cui:

- **microvilli:** estroflessioni immobili di membrana, hanno uno scheletro formato da actina e aumentano la superficie di assorbimento
- **Ciglia:** estroflessioni mobili da membrana, hanno una funzione di mobilizzazione e rimozione. Si muovono in simbiosi per rimuovere detriti o fluidi sulla superficie apicale
- **Stereociglia:** estroflessioni immobili di membrana simili ai microvilli ma più lunghi

Specializzazione della superficie laterale:

Le specializzazioni della superficie laterale delle cellule epiteliali sono **strutture** che permettono alle cellule di **interagire** tra di loro e con l'ambiente circostante formando barriere impermeabili per non far entrare ciò che ce fuori (a meno che non venga assorbito dalle cellule)

Ci sono diverse tipologie di specializzazioni della superficie laterale, tra cui:

- **giunzione occludente o zonula occludens:** zona che impedisce il passaggio ad acqua e soluti sigillando lo spazio tra le cellule. Le membrane delle due cellule sono fuse tra loro creando un sigillo ermetico.
- **giunzione comunicante (gap)** queste permettono la comunicazione, elettricamente e chimicamente, tra le due cellule adiacenti, consentendo il passaggio di molecole e ioni.
- **zonula adherens - desmosomi:** sono presenti filamenti di actina e altre proteine di adesione cellulare che tengono unite le cellule delle membrane di due cellule adiacenti, resistendo alle forze meccaniche.

Specializzazioni basali

Le cellule epiteliali presentano anche specializzazioni sulla loro superficie basale, che consentono a loro di interagire con la matrice extracellulare.

→ la **membrana basale** ha funzione di supporto e di barriera selettiva, formata da lamina basale, che si divide a sua volta in lamina lucida e densa, e lamina reticolare (prodotta dal connettivo)

- **lamina basale:** è una struttura acellulare che separa l'epitelio dal tessuto connettivo e svolge funzioni di supporto e di barriera selettiva.

- **lamina reticolare:** prodotta dal connettivo sottostante e formata da fibre (di collagene e reticolari, ci sono anche delle placche formate da collagene e lamina che formano un punto di riferimento dove si uniscono le fibre.
- **emidesmosomi:** sono giunzioni di ancoraggio che ancorano la membrana basale all'epitelio.

Ci sono diversi tipi di epitelio:

1. Epitelio di rivestimento
2. Epitelio ghiandolare
3. Epitelio sensoriale

1. EPITELIO DI RIVESTIMENTO

Ci sono cellule di varia forma, organizzate in più strati che delimitano superfici esterne ed interne del nostro organismo.

Epitelio squamoso semplice: riduce l'attrito, controlla la permeabilità vascolare e regola la secrezione, lo troviamo nel mesotelio, endotelio (vasi sanguigni), tubolo renale e rivestimento degli alveoli.

Epitelio cubico semplice: limitata funzione di protezione, le principali funzioni sono la secrezione e l'assorbimento, lo troviamo nelle ghiandole (salivari), dotti, tubolo renale, tiroide e rivestimento delle ovaie.

Epitelio cilindrico semplice: può essere cigliato come quello delle tube uterine (che serve a far spostare per esempio l'ovulo) oppure non cigliato come quello intestino tenue. Ed ha funzione di secrezione e assorbimento.

Epitelio pavimentoso pluristratificato: tutte le cellule sono collegate al tessuto basale, ma non tutte raggiungono la superficie, protegge da abrasioni, patogeni o sostanze chimiche può essere cheratinizzato come l'epidermide, retto, o non cheratinizzato come la cavità orale, esofago, corde vocali, vagina.

Epitelio cubico stratificato: dotti con funzione di secrezione come quello delle ghiandole sudoripare.

Epitelio cilindrico stratificato: hanno una funzione di protezione dotti escretori uretra.

Epitelio di transizione(urotelio): situazione di transizione come le cellule epiteliali della vescica che quando è piena si assottigliano

Epitelio pseudo stratificato: cigliato (rivestimento delle cavità nasali) non cigliato, sono presenti però le stereociglia (epididimo, uretra maschile).

2. EPITELIO GHIANDOLARE

Le ghiandole esocrine possono essere unicellulari o pluricellulari e sono composte da adenomeri e dotti. La classificazione delle ghiandole esocrine dipende dalla natura del secreto o dalla forma degli adenomeri. A seconda della forma dell'adenomero e del modello di ramificazione dei dotti, esistono diversi tipi di ghiandole esocrine (tubolare semplice, tubolare semplice glomere, tubolare ramificata, acinosa ramificata, otricolare alveolare ramificata).

Meccanismi di secrezione ghiandolare

- secrezione eccrina: secreto rilasciato attraverso meccanismi di trasporto attivo e diffusione
- secrezione merocrina: secreto contenuto in vescicole che raggiungendo la superficie apicale si rompono e viene rilasciato attraverso meccanismo di esocitosi
- secrezione apocrina: secreto si accumula nella parte apicale del citoplasma e si osserva il distacco di questa parte
- secrezione olocrina: cellule si trasformano in sacchetto di vescicole, fino a che si riempie troppo e muoiono e di conseguenza le cellule vengono sostituite

Natura del secreto:

- ghiandole mucose: producono mucinogeno (materiale glicoproteico) che poi diventa mucina, RER localizzato alla base, apparato del Golgi ben sviluppato nella regione sovranucleare e granuli di mucinogeno nella parte apicale
 - ghiandole sierose: producono fluido acquoso ricco di enzimi, hanno una forma poliedrica o piramide, RER basale molto abbondante con intensa basofilia, apparato del Golgi apicale e granuli di zimogeno apicali
 - ghiandole miste: ghiandola che ha sia porzione mucosa sia una porzione sierosa
- la secrezione può essere spontanea ed in modo continuo ma in alcuni casi deve essere regolata. Tale regolazione differisce da ghiandola in ghiandola, può essere di tipo nervoso o ormonale.

3. EPITELIO SENSORIALE

Esso è costituito da cellule epiteliali differenziate poiché devono essere in grado di percepire stimoli provenienti da interni ed esterno (può essere olfattivo, gustativo, sensoriale dell'udito e dell'equilibrio)

TESSUTO CONNETTIVO

Ci sono diversi tipi di tessuto connettivo ed è costituito da cellule e da matrice extracellulare (fibre e da sostanza fondamentale) tutte le cellule derivano da cellule mesenchimali pluripotenti situate a livello del midollo osseo all'interno delle ossa lunghe.

→ Tutte le cellule del tessuto connettivo hanno la funzione di supporto strutturale, diffusione metabolici/scambio, difesa e protezione, ruolo nello sviluppo/crescita e di deposito di grassi

I tessuti connettivi possono essere classificati in tre gruppi:

- Tessuti connettivi propriamente detti: composto da cellule fisse come fibroblasti, mobili come macrofagi liberi.
 - o mucoso
 - o lasso
 - o Denso
 - o Adiposo
- Tessuti connettivi liquidi:
 - o sangue
 - o Linfa
- Tessuti connettivi di sostegno:
 - o cartilagineo
 - o ossa

Tessuto connettivo PROPRIAMENTE DETTO:

Questo tipo di tessuto è composto da:

- cellule fisse (fibroblasti, macrofagi fissi, melanociti ecc.) e migranti (macrofagi liberi, mastociti e linfociti)
- matrice extracellulare, che a sua volta è composta da:
 - o sostanza fondamentale è una matrice amorfa, idratata in cui sono disciolti quantità variabili di sali ed elettroni. È composta da complessi macromolecolari e facilmente idratabili.
 - Glicosamminoglicani (GAG): sono lunghe catene di polisaccaridiche non ramificate composte da unità disaccaridiche che si ripetono.
 - Proteoglicani: sono formati da un asse proteico e dai GAG (hanno un numero variabile), possono legare molta acqua e formare una specie di reticolo.

- Glicoproteine: sono corte catene di oligosaccaridiche ramificate e sono siti di legame per componenti della matrice e facilitano l'attacco delle cellule e della matrice extracellulare

○ fibre:

- fibre di collagene: è costituita da 3 catene polipeptidiche che formano il tropo collagene, che a sua volta forma la fibrilla che a sua volta ancora forma la fibra di collagene. Quest'ultime sono flessibili ma non elastiche e sono molto resistenti alla trazione.
- fibre reticolari: sono composte da fibre di collagene di tipo III, sono più sottili e si dispongono intrecciandosi fra di loro.
- Fibre elastiche: sono costituite da elastina tenuta insieme da fibrillina formata da microfibrille, le molecole di elastina sono tenute insieme da legami covalenti, sono capaci di stirarsi fino al 150% della loro lunghezza e formano reti tridimensionali;

→ La differenza fra le due fibre è che hanno i fasci con un andamento definito invece quelle reticolari formano un intreccio tra di loro, sono flessibili e molto resistenti alla trazione.

Cellule del tessuto connettivo:

- fibroblasti: sono le cellule più abbondanti del tessuto connettivo, hanno una forma allungata con un nucleo centrale responsabile della produzione della sintesi della matrice extracellulare, e possono essere attivi o quiescenti. Quando si subisce un danno ai tessuti i fibroblasti si stimolano e provocano la mitosi.
- periciti: sono cellule appiattite dotate di prolungamenti che circondano i vasi sanguigni. Nel loro citoplasma sono presenti proteine contrattili che determinano la contrazione del pericita e quindi la regolazione del diametro del vaso e del flusso del sangue.
- macrofagi: sono cellule particolari che derivano dai monociti del sangue circolante, possono essere: fissi e circolanti, hanno una funzione di difesa (mangiando e digerendo la sostanza estranea). Possono produrre citochine che sono utili nella risposta immunitaria e le loro dimensioni variano dallo stato funzionale.
- mastociti: sono grandi cellule che derivano dalle cellule staminali del midollo osseo, svolgono un ruolo cruciale in patologie di tipo infiammatorio e allergico, sono caratterizzati dalla presenza di granuli contenenti eparina (auto coagulante), istamina (vasodilatatore) proteasi, che vengono rilasciati per degranolazione dopo l'esposizione a molecole estranee.

- plasmacellule: derivano dai linfociti b (incontrano antigene, si trasforma e diventa plasmacellula) (linfocita t agiscono direttamente sull'antigene eliminandola) è una cellula molto grande e migranti che producono anticorpi (ovvero proteine)

TESSUTO CONNETTIVO EMBRIONALE

Il tessuto connettivo embrionale è presente durante la vita embrionale e consiste di cellule mesenchimali indifferenziate immerse in una matrice gelatinosa con scarse fibre. ci sono due tipi:

- embrionale: costituito da cellule indifferenziate (non hanno una loro identità ma possono diventare qualcosa) sono immerse in una matrice gelatinosa con scarse fibre.
- Mucoso: presente scarsamente nell'adulto, è costituito da cellule fusate o stellate con prolungamenti immersi in una matrice gelatinosa costituita da fibre collagene di tipo I e III.

→ Entrambi sono presenti nell'embrione

Tessuto connettivo LASSO:

Il tessuto connettivo lasso è il tipo di tessuto più diffuso nel nostro corpo, è flessibile e plastico, abbiamo un'abbondanza della sostanza fondamentale della sostanza fondamentale e delle cellule rispetto alla componente fibrosa, è deformabile e consiste nella distribuzione di gas e nutrienti. Da sostegno e protezione, ha una trofica, di difesa e di riparazione dei tessuti.

Tessuto connettivo DENSO:

ha un'abbondante presenza di fibre che formano grossi fasci che occupano buona parte del tessuto. Ha una notevole resistenza alla trazione e ci sono due tipologie:

- irregolare: resistenza a sollecitazione meccaniche, le fibre di collagene disposte a fasci che si intrecciano (derma, capsule di fibre di alcuni organi, guaine di tendini e nervi)
- regolare: ha maggiore resistenza alla trazione, le fibre di collagene sono disposte in maniera ordinata e impaccate. E possono essere disposti a fasci paralleli o incrociati. (tendini, legamenti)

Tessuto connettivo ELASTICO:

Costituito da una matrice con prevalenza di fibre elastiche che possono disporsi in fasci o lamine (legamenti gialli delle vertebre, legamenti vocali, pareti di vene e arterie), ed ha la funzione di stabilizzazione della posizione vertebrale, ammortizzare traumi e permette espansione e contrazione delle arterie elastiche.

Tessuto connettivo RETICOLARE:

ha funzione di supporto (stroma di ghiandole, di milza, fegato midollo osseo pancreas) , ed è composto da tessuto connettivo lasso ricco di fibre, fibroblasti e pochi macrofagi.

Tessuto connettivo ADIPOSO:

È un tessuto costituito da cellule che derivano da cellule mesenchimali, hanno la funzione di sintetizzare ed accumulare trigliceridi, può essere formato da cellule uniloculari (grasso presente in una grossa vescicola), e multiloculari (grasso prende in tante piccole vescicole).

Ci sono due tipologie di questo tessuto:

- tessuto adiposo bianco: costituito da cellule adipose uniloculari a stretto contatto e tra loro ce poca sostanza intracellulare, la posizione del nucleo è nel 50% negli strati sottocutanei del corpo, il 45% all'interno della cavità addominale e il 5% sparse nel tessuto connettivo. Esso ha funzioni metaboliche (accumulo lipidi che a loro volta sono fonte di energia), termoisolante(sottocute), sostegno e cuscinetto ammortizzante, protezione organi interni (es reni), morfologia (per la nostra forma).
- tessuto adiposo bruno: è composto da cellule adipose multiloculari in cui sono presenti molte gocce lipidiche e numerosi mitocondri. Ha una funzione di produzione di calore poi distribuito all'organismo tramite i vasi sanguigni. Molto presente nel feto e neonato, invece nell'adulto è presente nel mediastino, collo, addome e aorta.

TESSUTI DI SOSTEGNO

Tessuto cartilagineo:

Questo tessuto ha una funzione di sostegno e protezione, ha origine da cellule mesenchimali, è rivestito da pericondrio, è costituito da matrice extracellulare amorfa (molto gelificata ricca di fibre collagene non organizzate in fasci) e da cellule (condroblasti e condrociti). Non né vascolarizzato né innervato

Cellule della cartilagine:

- pericondrio è una capsula di tessuto connettivo, è costituito da uno strato esterno e uno strato più interno di cellule, lo strato esterno è ricco di vasi per cui ossigeno e sostanze nutritive diffondono dallo strato esterno alle cellule, è assente nella cartilagine articolare.
- matrice extracellulare del tessuto cartilagineo è prodotta da condroblasti che poi diventano condrociti.

- Condroblasti dono cellule che hanno un'attività metabolica molto intensa perché producono la matrice e ne restano intrappolati e diventano condrociti formando così i gruppi isogeni;
- Condrociti sono cellule mature della cartilagine, sono racchiusi nelle loro lacune, raggruppate in gruppi isogeni di 2-4 cellule, quando restano intrappolati si dividono per mitosi massimo 2 volte;
- Fibroblasti presenti nel pericondrio

→ ci sono tre tipi:

1. cartilagine ialina: è la più abbondante nell'organismo, ha un aspetto a fresco traslucido, è quella che forma l'abbozzo scheletrico nella vita fetale, il pericondrio è sempre presente tranne nella cartilagine articolare. È resistente e flessibile ma è la più debole. È presente ai livelli del setto nasale laringe faringe trachea;
2. cartilagine elastica: sono presenti fibre elastiche sia i livelli del pericondrio che della matrice, sono presenti anche fibre di collagene che forniscono sostegno supportando la deformazione senza danno.
3. Cartilagine fibrosa: non ha il pericondrio, ha una scarsa matrice. È presente il collagene di tipo I organizzato in grossi fasci, i condrociti sono organizzati in file parallele e non in gruppi isogeni. È molto resistente alla compressione e previene in contatto fra le ossa stesse.

→ la cartilagine si forma in due diverse modalità:

- accrescimento interstiziale: quello che avviene all'interno della cartilagine per divisione dei condroblasti e dei condrociti.
- accrescimento per apposizione: avviene dall'esterno verso l'interno della cartilagine ad opera del pericondrio che a contatto con la cartilagine vi sono delle cellule giganti ad attività fagocitaria che compaiono nel tessuto cartilagineo determinando le lenti dei condrociti e la loro situazione.

Tessuto osseo:

Ha funzione di sostegno e protezione di organi. inserzione e leva per i muscoli, riserva di sali minerali(calcio), ospita il midollo osseo, l'osso è soggetto di ricambio e rimodellamento per far fronte a diverse esigenze funzionali e per riparare fratture e altre lesioni, inoltre è vascolarizzato e innervato.

La matrice extracellulare è molto mineralizzata ed è composta da: una **componente organica** a sua volta data da una parte fibrosa (elastico e flessibile) e una sostanza amorfa (ruolo importante x la mineralizzazione della matrice); e una **componente inorganica** che da durezza, rigidità e resistenza e inoltre ha un elevato contenuto di

cristalli di idrossiapatite, carbonato di calcio, magnesio. esse sono strettamente in contatto e formano la matrice extracellulare.

→ All'esterno dell'osso sono presenti il periostio è una lamina di tessuto connettivo costituita da due strati, riccamente vascolarizzato, manca a livello delle superfici articolari e dove muscoli e tendini si innestano sulle ossa, e l'endostio che riveste le cavità interne che contengono cellule oste progenitrici. Sono presenti le cellule oste progenitrici, osteoblasti, osteociti, osteoclasti.

Cellule oste progenitrici: localizzate nel periostio, derivano da cellule staminali e mesenchimali, hanno la capacità di differenziarsi in osteoblasti. Questi ultimi formano delle lamine, sintetizzano la parte organica della matrice e regolano la deposizione e la mineralizzazione di quella inorganica. Hanno recettori per l'ormone paratiroideo ed esiste una relazione diretta tra velocità di sintesi della matrice e numero e dimensioni degli osteoblasti.

Osteociti: sono cellule mature dell'osso, accolte all'interno delle cavità dette lacuna e dei canalicoli, gli osteociti possono essere in contatto tra di loro, nei canalicoli c'è il fluido extracellulare, sono coinvolti nel rimodellamento, e non sono capaci di dividersi.

Osteoclasti: sono specializzati nel riassorbimento osseo, derivano dalle cellule progenitrici del monocita-macrofago (da cellule del sangue). Liberano enzimi lisosomiali degradando la matrice e il seguente riassorbimento, essi inoltre sono responsabili della creazione di un ambiente acido che favorisce la degradazione, regolano i livelli di paratormone. Hanno un'attività regolata da paratormone (aumento calcio) e calcitonina (riduzione calcio).

→ esistono diverse tipologie di tessuto osseo:

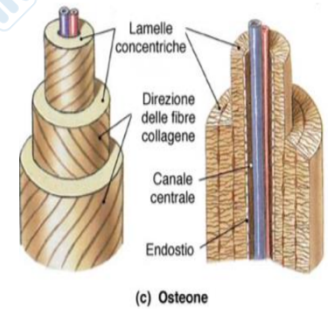
- non lamellare: Il tessuto osso non lamellare lo troviamo nello scheletro embrionale, nell'adulto presente nelle suture e nell'inserzione di legamenti e tendini, ed è depositato nella riparazione delle fratture.

la matrice mineralizzata e lacune disposte in modo irregolare e le fibre di collagene disposte in modo intrecciato.

- lamellare: le fibre e cellule sono raccolte in lamelle, le fibre collagene sono orientate nella stessa direzione in una determinata lamella e in direzione diversa in lamelle contigue. infatti, abbiamo tessuto osseo compatto strato superficiale delle ossa corte, tavolati delle ossa piatte, tessuto osseo spugnoso ossa piatte, epifisi delle ossa lunghe.
 - tessuto osseo lamellare compatto: Il tessuto osseo lamellare compatto è costituito da lamelle ossee che si organizzano in quattro strutture differenti:
 - Osteoni o sistema haversiano: sono strutture cilindriche formate da lamelle concentriche (successione di lamelle), che si trovano attorno ad

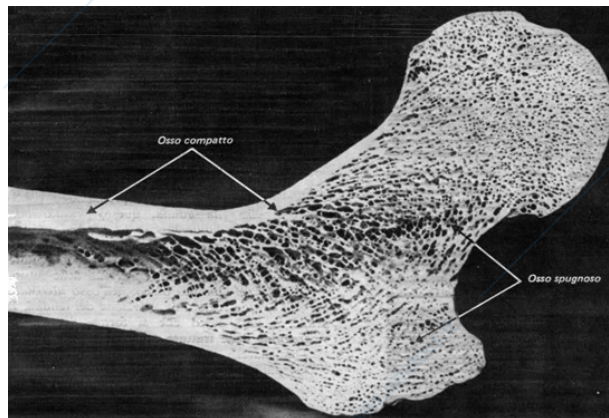
un vaso sanguigno detto canale di haversen (contiene ciò che serve per mantenere l'osso vivo, una vena e un'arteria) questi canali a loro volta sono collegati fra loro ai canali di volkmann, contenenti vasi sanguigni. tra le lamelle ci possono essere anche delle lamelle che non formano un osteone ma solo a collegare e si chiamano lamelle circonferenziali interne

- Lamelle: formata da matrice calcificata e fibre collagene di tipo 1 che si dispongono parallelamente le une alle altre. Nella lamella successiva le fibre si dispongono diversamente alla lamella precedente. Nell'osteoone osservano le lacune dove sono presenti gli osteociti che comunicano tra loro con il canale centrale e con la periferia dell'osteoone tramite centinaia di processi citoplasmatici che si estendono nei canalicoli



(c) Osteone

- tessuto osseo spugnoso: le lamelle si aggregano in modo apparentemente disordinato e ramificato. a volte sono anastomizzate in modo da fare un'impalcatura tridimensionale e formano un sistema di trabecole che delimitano le cavità midollare.



Sezione di epifisi e del tratto iniziale della diafisi di osso lungo.

→ osteogenesi: origina sempre un tessuto connettivo embrionale preesistente.

ce ne sono due tipi:

- intramembranosa dovuta a cellule mesenchimali interne, centro di ossificazione primario
- endocondrale progressiva sostituzione di un midollo cartilagineo (cartilagine epifisiale) preesistente con tessuto osseo. questa cartilagine rimane attiva fino al termine dell'accrescimento e la sua funzionalità dipende indirettamente dell'ormone della crescita (GH)

TESSUTO MUSCOLARE

Il tessuto muscolare è costituito da cellule e fibre muscolari che hanno la capacità di contrarsi cioè accorciarsi in seguito ad uno stimolo adeguati, esistono tre tipi di tessuto

muscolare.

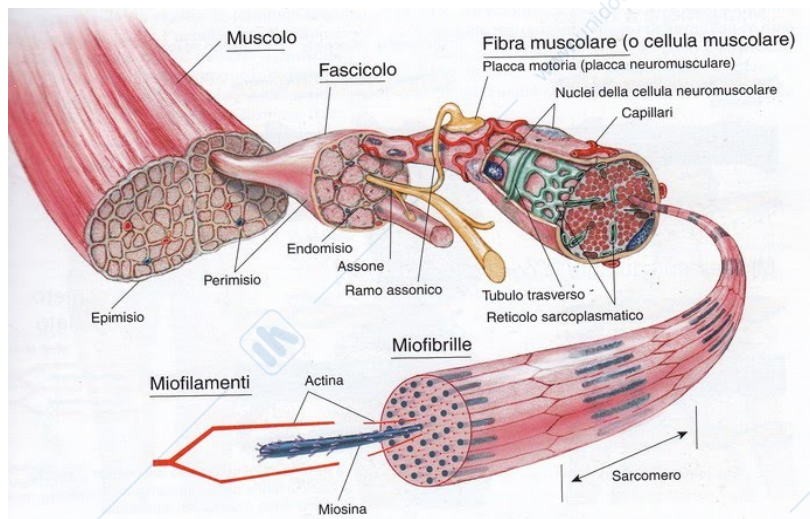
ci sono tre tipi di tessuto muscolare:

- tessuto muscolare scheletrico
- tessuto muscolare cardiaco
- tessuto muscolare liscio

→tessuto muscolare scheletrico striato:

Il tessuto muscolare scheletrico striato costituisce i muscoli dell'apparato locomotore, è costituito da fibre muscolari scheletriche striate , contiene proteine contrattili che si contraggono sotto il controllo della volontà.

Posso essere più o meno lunghe a seconda del muscolo in questione. È riccamente vascolarizzato e innervato. Le fibre non hanno la capacità di dividersi, se però vengono danneggiate sono presenti le cellule satelliti che sono cellule in grado di dare origine ad una nuova cellula.



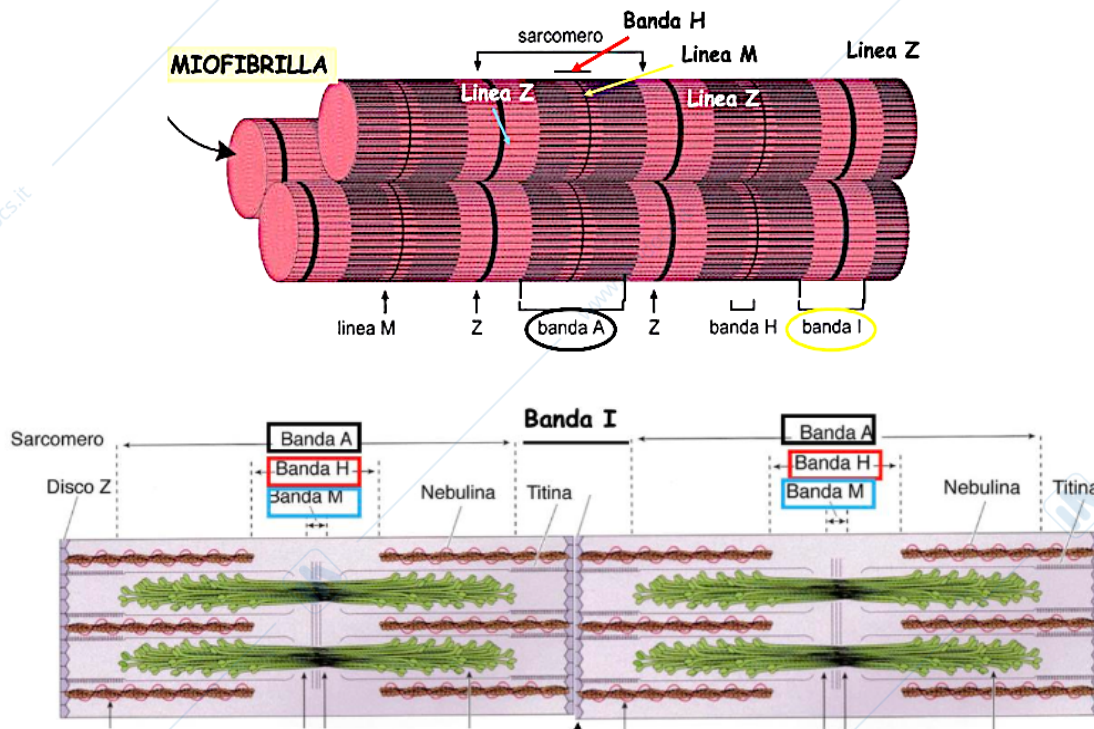
→organizzazione delle fibre muscolari scheletriche striate:

La membrana plasmatica viene detta sarcolemma, all'interno della fibra è presente il citoplasma che viene detto sarcoplasma. ogni fibra è multinucleata con nuclei posti sotto il sarcolemma, numerosi mitocondri, apparato di Golgi d'un REL specializzato che viene definito reticolo sarcoplasmatico mio globina e glicogeno. Ciascuna miofibrilla presenta una striatura trasversale ed è disposta in registro con le altre miofibrille, ciò comporta che bande chiare/scure di tutte le miofibrille sono disposte sullo stesso piano, questo è il motivo della classica struttura trasversale delle fibre muscolari scheletriche.

Il sarcomero è l'unità morfo funzionale della miofibrilla, le parti chiare, scure e le linee dipendono dalla disposizione di due tipi di filamenti di:

- Filamento sottile: l'actina costituita da due catene di monomeri che hanno la forma di filo di perle di una proteina globulare detta G. Questi monomeri si aggregano formando catene simili a perle F-actina. Ci sono anche tropomiosina e troponina (ne esistono tre subunità)
 - TnT: lega la troponina alla tropomiosina,
 - TnC: lega il Ca^{++} alla troponina,
 - TnI: si lega all'actina impedendo il legame tra actina e miosina

- **Filamento spesso:** ha la forma di una mazza da golf, ogni filamento spesso è costituito da 200/500 molecole di miosina che a sua volta è composta da 2 catene pesanti e 4 leggere, ciascuna testa possiede due siti cruciali per la generazione di fissazione dell'actina in grado di legarsi ai monomeri di actina e un sito ATPasico che possiede attività enzimatica e idrolizzare l'ATP. Le teste di miosina di miosina si raggruppano all'estremità mentre la regione centrale è un fascio di code di miosina.



- La banda A contiene sia filamenti sottili che spessi;
- la banda I è occupata per tutta la sua lunghezza da filamenti sottili;
- La banda H contiene solo filamenti spessi;
- La banda M è costituita da miosina e proteina c ed è il punto in cui si aggregano da filamenti di miosina;
- La linea Z è costituita da filamenti sottili appartenenti a due sarcomeri contigui.

→ Il reticolo sarcoplasmatico funziona da accumulo e rilascio di ioni calcio, è un sistema di tubuli e cisterne anastomizzate, rivestite da membrana dette sarcotuboli e formano una rete che riveste le singole miofibrille. Il sarcolemma si invagina nel sarcoplasma della cellula muscolare formando i tuboli T. La triade è una struttura da un tubulo T circondato a destra e sinistra dalle cisterne del reticolo sarcoplasmatico. Questa disposizione facilita l'immediato approvvigionamento di ioni calcio indispensabili per portare avanti la contrazione muscolare.

giunzioni neuro muscolari:

Le giunzioni neuro muscolari o placca motrice, sono delle zone di specializzazione che consentono il passaggio dell'impulso elettrico dalla terminazione nervosa alla fibra muscolare, un solo motoneurone può innervare più fibre muscolari che si contraggono

contemporaneamente. La contrazione muscolare avviene grazie a stimoli provenienti a stimoli provenienti da fibre nervose che penetrano nell'endomysio, entrando in contatto con le fibre muscolari a livello della placca motrice liberando neurotrasmettitori.

contrazione muscolare:

Il calcio interagisce con le proteine delle miofibrille determinando lo scorrimento della miosina rispetto all'actina (contrazione della miosina). La contrazione muscolare richiede energia ATP e specifiche interazioni tra i diversi componenti dei filamenti spessi e sottili.

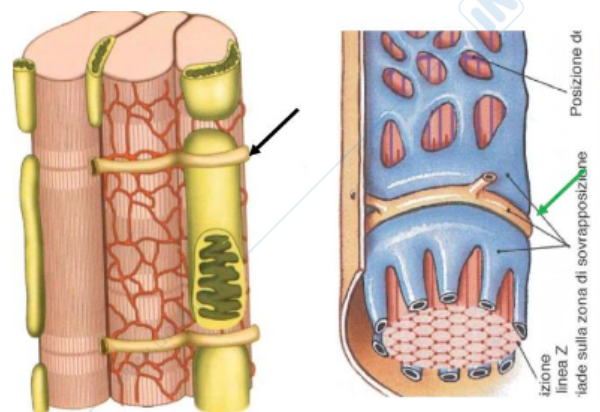
L'arrivo del potenziale d'azione all'interno della cellula, e in concreto, al reticolo sarcoplasmatico causa la liberazione di grandi quantità di ioni calcio del reticolo sarcoplasmatico all'interno del citosol. Gli ioni calcio di uniscono alla troponina c la quale a sua volta cambia conformazione permettendo che interagiscono actina e miosina. L'actina e la miosina, in presenza di ATP, provocano lo spostamento e l'accorciamento del sarcomero completando il processo di contrazione con la miosina che trascina l'actina verso il centro. In circa una frazione di secondo al cessare del potenziale d'azione, gli ioni calcio vengono sequestrati di nuovo dal citosol all'interno del reticolo sarcoplasmatico grazie a una pompa di calcio situata nella membrana del reticolo che consuma ATP. Le azioni di queste pompe avvengono mediante la proteina calsequestrina, fino all'arrivo di un potenziale d'azione, questo fa sì che cessi la contrazione muscolare.

Le fibre muscolari che costituiscono un fascio muscolare sono eterogenee in quanto si possono distinguere per diametro, colore e proprietà fisiologiche. Le fibre rosse sono più piccole e vascolarizzate, hanno un alto contenuto di mitocondri citocromi e mioglobina che lega O₂. Possono essere lente o toniche sono abbandonati nei muscoli che devono fare lavori prolungati nel tempo. Le fibre bianche hanno dimensioni maggiori e un minor contenuto di mioglobine e capillari, è presente molto glicogeno, sono fibre che vengono usate per scatti e attività muscolari di breve durata.

→ tessuto muscolare cardiaco:

Il tessuto muscolare cardiaco è composto da fibre dette cardiomiociti, legate tra loro da giunzioni dette dischi intercalari. Le fibre si dispongono a creare delle lamine separate tra loro da setti sottili nei quali vi sono vasi e nervi, e il sistema di conduzione del cuore. I capillari sono disposti a rete intorno alle singole fibre. Le contrazioni sono potenti e continue iniziate da un meccanismo intrinseco e regolato dal SNA e da stimoli ormonali. L'impulso nasce spontaneamente da cellule cardiache modificate e non sono in grado di rigenerarsi.

I cardiomiociti sono cellule grandi e hanno un solo nucleo centrale, si congiungono tra loro tramite in dischi intercalari, sono presenti i sarcomeri, i tuboli T ma non le cisterne, e inoltre non è presente la triade ma la diade. Nella diade i tuboli T non si fermano accanto alle cisterne ma abbiamo delle espansioni cellulari in corrispondenza della linea Z.



caratteristiche dei miociti cardiaci:

I dischi intercalari giocano un ruolo cruciale nel garantire la stabilità meccanica e la propagazione dell'impulso elettrico tra le cellule muscolari cardiache. Le giunzioni aderenti e i desmosomi assicurano una connessione robusta tra le cellule, mentre le giunzioni gap permettono la comunicazione rapida ed efficiente.

La composizione dei miofilamenti di actina e miosina è simile a quella del muscolo scheletrico, il che suggerisce un meccanismo di contrazione simile. La presenza dei dischi intercalari rende le cellule muscolari cardiache un sincizio funzionale, permettendo una contrazione coordinata ed efficace.

sistema nervoso autonomo cardiaco:

regola la frequenza cardiaca e l'intensità di contrazione del miocardio attraverso la stimolazione parasimpatica e simpatica. La stimolazione parasimpatica rallenta la frequenza cardiaca, mentre la stimolazione simpatica l'aumenta.

Inoltre, i cardiomiociti hanno una funzione endocrina importante, producendo il fattore natriuretico atriale, che provoca vasodilatazione periferica e riduzione della pressione arteriosa in risposta alla distensione delle pareti degli atri.

→ tessuto muscolare liscio:

Il tessuto muscolare liscio è un tipo di muscolatura che si trova in diverse parti del corpo, come le pareti dei vasi sanguigni, l'intestino e l'utero. A differenza del muscolo scheletrico, le fibres muscolari lisce sono disposte in modo sfalsato, con la parte centrale di una cellula che si giustappone alle estremità assottigliate delle cellule vicine.

Le cellule muscolari lisce sono fusiformi, con un solo nucleo allungato centrale, e non hanno un reticolo endoplasmatico liscio (REL) sviluppato. Inoltre, non presentano la classica striatura del muscolo scheletrico, poiché i microfilamenti di actina e miosina non sono organizzati in miofibrille.

Esse, inoltre, contengono actina e miosina, simili a quelli del muscolo scheletrico, ma non organizzati in modo regolare. La contrazione avviene grazie all'interazione tra actina e miosina, che si assemblano in filamenti spessi quando arriva lo stimolo del calcio e della calmodulina.

oltre a queste caratteristiche, le cellule muscolari lisce presentano caveole, che sono invaginazioni del sarcolemma che servono per il trasporto di molecole, e corpi densi di actina che fungono da siti di ancoraggio per i filamenti di actina. I filamenti intermedi, come la desmina e la vimentina, si inseriscono sui corpi densi e aiutano a mantenere la struttura della cellula.

Il tessuto muscolare liscio è innervato dal sistema nervoso autonomo, che controlla la contrazione involontaria dei muscoli. La contrazione è lenta e duratura, e il tessuto è in grado di rigenerarsi.

contrazione del muscolo liscio:

Il calcio entra tramite le caveole, il rilascio di esso si accumula a livello del reticolo endoplasmatico liscio, di conseguenza, la miosina si attiva e forma dei filamenti spessi, i filamenti di actina prendono attacco ai corpi densi e scorrono sui filamenti di miosina. La contrazione è più lenta e duratura rispetto al muscolo scheletrico, la trasmissione

dell'impulso avviene attraverso giunzioni GAP tra le cellule aderenti. Il calcio svolge un ruolo essenziale ma le proteine regolatrici sono diverse.

rigenerazione del tessuto muscolare:

le cellule del tessuto muscolare scheletrico non hanno attività mitotica, ma il tessuto può rigenerarsi per la presenza di cellule satelliti.

Le cellule del tessuto muscolare cardiaco sono presenti di cellule progenitrici, multi potenti.

Le cellule del tessuto muscolare liscio sono in grado di rigenerarsi per la presenza di cellule progenitrici e attività mitotica.

Variazione del tessuto muscolare ipertrofia e ipotrofia.

	Contrazione	Rigenerazione	Giunzioni
Scheletrico	Volontaria, del tipo tutto o nulla	Cellule satelliti	Nessuna
Cardiaco	Involontaria, ritmica e spontanea	no	Dischi intercalari
Liscio	Involontaria lenta e vigorosa	Le cellule muscolari possono dividersi per mitosi	Gap Junction

	scheletrico	Cardiaco	Liscio
Sarcomero	Si	si	No
Nuclei	multinucleato	1/2	1
Reticolo sarcoplasmatico	si	si	No
Tuboli T	Si	si	no
Giunzioni	no	Dischi intercalari	Gap
Calcio	Reticolo sarcoplasmatico	extracellulare	Caveole
Legame ca ⁺⁺	Troponina c	Troponina c	clamodulina

TESSUTO NERVOSO

Il tessuto nervoso forma gli organi.

neuroni:

I neuroni non sono in grado di dividersi e sono cellule perenni. In animali non mammiferi la neurogenesi è molto più attiva e persistente in diverse zone del cervello. Nel nostro cervello ci sono 100 miliardi di cellule nervose, ogni giorno perdiamo circa 85.000 però solo una piccola parte è rimpiazzata dalle cellule staminali.

Formazione del neurone:

I neuroni possono avere forma e dimensione variabili ma presentano una struttura di base comune, è suddiviso in corpo cellulare: assone e dendriti, gli assoni sono accompagnati da una guaina di cellule gliali che insieme formano la fibra nervosa.

Il neurone è una cellula metabolicamente molto attiva, il citoscheletro svolge un ruolo fondamentale, il potenziale di azione corrisponde a una depolarizzazione rapida e transitoria della membrana plasmatica. I neuroni possono essere classificati in base al numero di prolungamenti, lunghezza dell'assone, o la funzione.

In base alla funzione possono essere classificati in:

- neuroni sensitivi che recepiscono gli impulsi e li trasmettono al SNC per l'elaborazione
- neuroni motori che portano impulsi a organi e cellule e motoneuroni o interneuroni che fanno collegamento tra i neuroni sensitivi e motori.

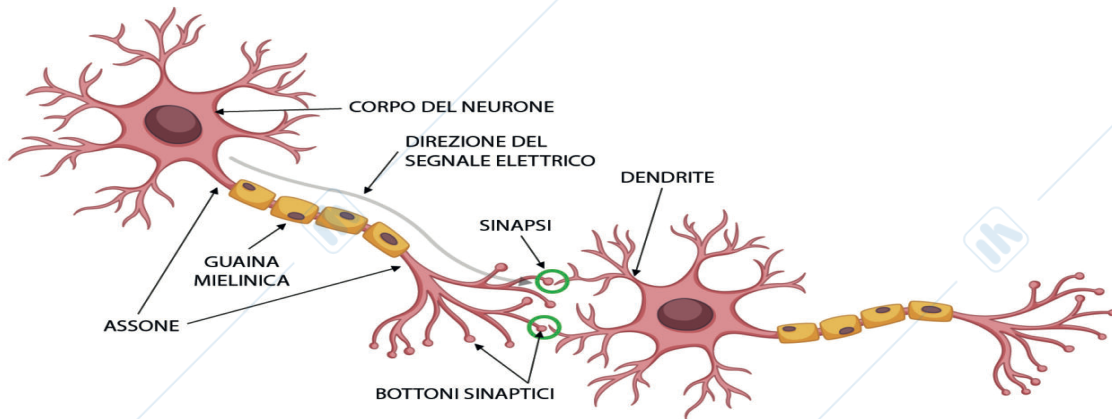
In base alla lunghezza dell'assone del tipo I di Golgi che hanno un lungo assone che ha origine nella sostanza grigia, decorre in quella bianca e fuoriesce dal SNC entrando a far parte di un nervo periferico, del tipo II di Golgi che hanno un corto assone che non esce dalla sostanza grigia.

Nel SNC il tessuto nervoso forma la sostanza grigia costituita dai corpi cellulari dei neuroni, dai dendriti e parte iniziale degli assoni; la sostanza bianca, invece, è composta dagli assoni che abbandonano la sostanza grigia.

Il corpo cellulare ha un nucleo molto voluminoso con un nucleolo, RER sviluppato con anche ribosomi liberi. La sostanza del Nissl (sostanza tigroide) corrisponde a zone basofile in quanto è data da masserelle di RER, l'apparato di Golgi è sviluppato i mitocondri sono molto numerosi e piccoli, presenti nel corpo e nei prolungamenti. REL scarso, presenza di granuli di lipofuscina che aumentano con l'età (granuli di digestione lisosomiale). I microfilamenti sono costituiti da actina e miosina e sono associati alla membrana. I micro-tuboli e neurofilamenti sono disposti a fasci paralleli in tutto il corpo lungo l'assone e i dendriti. I micro-tuboli o neuro tuboli servono al trasporto di molecole ed organelli, tale trasporto può essere lento o veloce anterogrado (dal corpo verso la terminazione) o retrogrado (dalla terminazione al corpo). I neuro filamenti sono un'impalcatura interna per la forma del neurone e dell'assone e danno supporto strutturale. I microfilamenti sono importanti per la deformazione superficiale cellulare, plasticità nervosa, allungamento e retrazione terminali assoni e formazione delle spine dendritiche.

- Dendriti: sono estroflessioni ramificate e ricevono stimoli dall'esterno o da altri neuroni, possono formare delle sinapsi o presentare recettori sensoriali, le spine dendritiche possono invece creare sinapsi con altri neuroni.
- Assone: di solito è unico, serve per la trasmissione dell'impulso, ha un calibro proporzionato alla conduzione, ha una superficie liscia. L'assone emerge a livello del cono di emergenza ed è il primo tratto tra corpo e inizio del rivestimento mielinico, detto segmento iniziale. Sono presenti i bottoni sinaptici. La membrana plasmatica dell'assone si chiama assolemma e il citoplasma, assoplasma. Il trasporto veloce è bidirezionale e si realizza attraverso lo scorrimento su microtubuli di specifiche proteine; invece, quello lento è unidirezionale ed anterogrado.

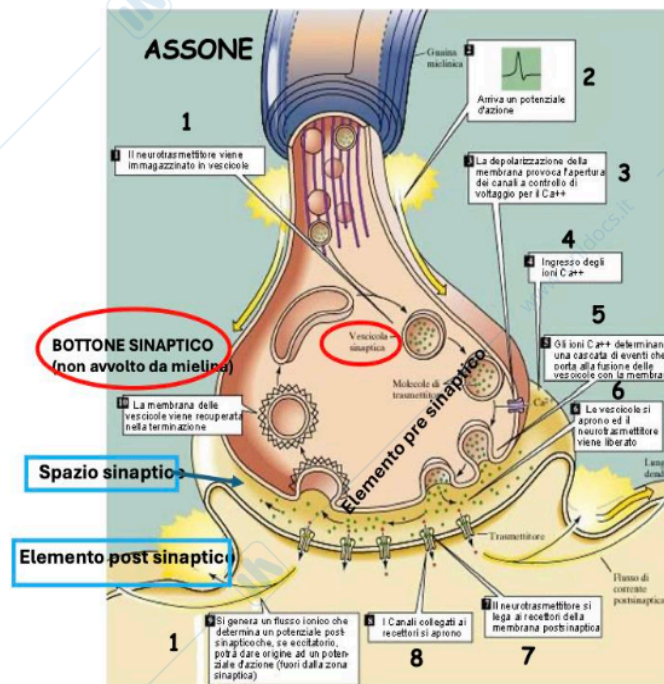
Disegno schematico di neurone e sinapsi



sinapsi:

Le sinapsi sono i siti di trasmissione dell'impulso tra cellule presinaptiche e postsinaptiche. Le sinapsi possono essere:

- elettriche: (giunzioni gap) retina e corteccia cerebrale, sono molto veloci e bidirezionali.
- chimiche: sono unidirezionali sono le più diffuse. Possono essere eccitatori (depolarizzazione) o inibitorie (iperpolarizzazione). Per quelle chimiche esistono almeno cento diversi neurotrasmettitori. Morfologicamente possono dividersi in asso-dendritiche, asso-somatiche, asso-assoniche, dentro-dendritiche.

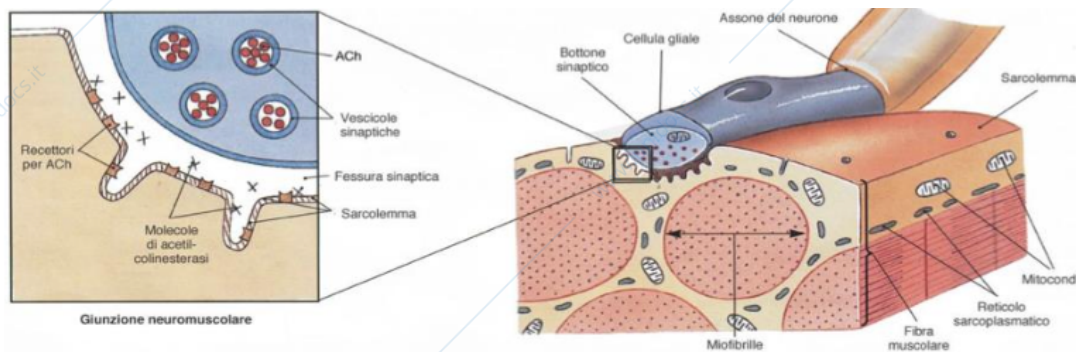


1. Il neurotrasmettitore è accumulato nelle vescicole
2. Si attiva un potenziale di azione
3. La depolarizzazione attiva l'apertura dei canali del calcio
4. Entrano ioni calcio
5. Gli ioni calcio danno sì a una successione di eventi che fanno sì che queste
1. vescicole di fondono con la membrana, la vescicola rilasci il suo contenuto

6. Le vescicole si aprono e il neuro trasmettitore viene liberato nello spazio sinaptico
7. Il neuro trasmettitore si lega al recettore della membrana post-sinaptica
8. I canali collegato al recettore si aprono
9. L'informazione viene trasmessa al recettore post-sinaptico

placca motrice:

La placca motrice occupa una depressione sulla superficie della cellula detta suola della scarpa. È costituita dal terminale assonico (membrana presinaptica), da una fessura sinaptica e dalla membrana della cellula muscolare (membrana postsinaptica), moto neurone e fibre muscolari innervati formano l'unità motoria, l'eccitazione di un nervo motore determina la contrazione simultanea di tutte le fibre muscolari dell'unità motoria.

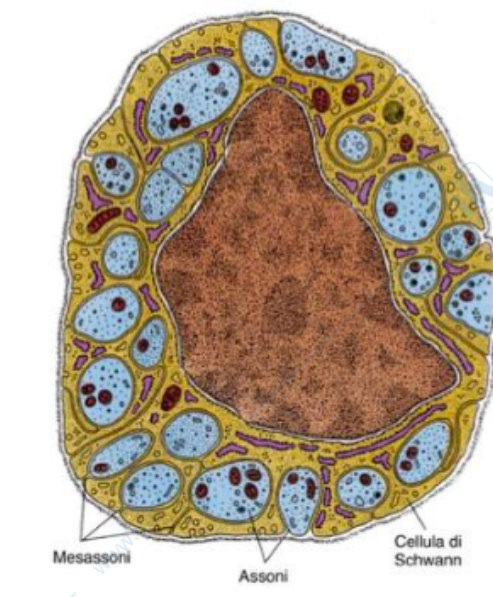


L'assone e il rivestimento mielinico formano la fibra nervosa. La mielina (rispetto alle altre membrane ha un maggior contenuto di lipidi per un maggiore isolamento) è formata dalla membrana degli oligodendrociti nel SNC e dalle cellule di Schwann nel SNP, e si avvolge attorno agli assoni. La guaina mielinica favorisce un aumento di velocità di conduzione e l'isolamento dell'assone. Gli strati di membrana plasmatica che sono avvolto insieme per formare la mielina sono tenuti insieme da speciali proteine che sono differenti per il SNC e il SNP. Nel SNC i prolungamenti di un oligodendrocita possono rivestire più di un assone quindi più neuroni. Nel SNP una cellula di Schwann avvolge un singolo segmento di assone, lungo l'assone accostano molte cellule di Schwann.

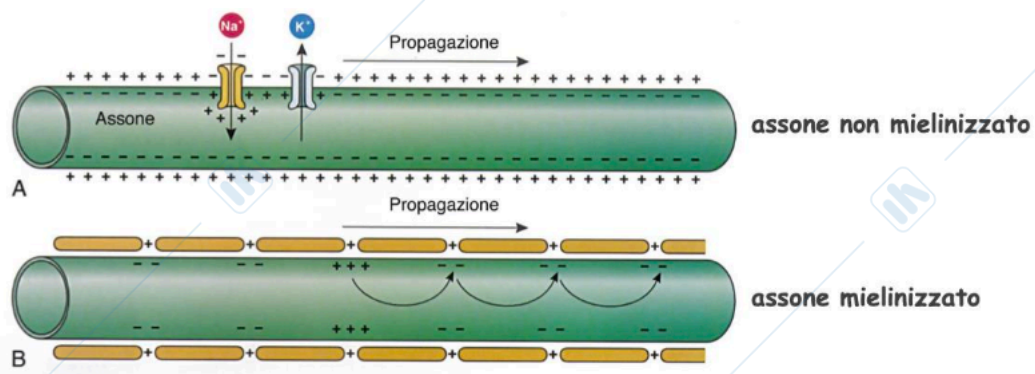
tra un rivestimento e l'altro è presente il nodo di Ranvier (interruzione ad intervalli regolari della guaina mielinica o oligodendrociti adiacenti).

→Gli assoni privi di guaina mielinica sono più sottili e vengono definiti amielinici, l'assone viene accolto nel citoplasma dell'oligodendrocita o della cellula di Schwann, e i nodi di Ranvier non sono presenti.

La velocità di conduzione dei potenziali di azione è proporzionata al diametro dell'assone, la mielinizzazione aumenta la velocità di conduzione (conduzione



saltatoria), più lungo è il segmento maggiore è la velocità di conduzione.



Le **cellule gliali** non sono cellule nervose, non hanno dendriti e assoni ma hanno prolungamenti, svolgono funzioni metaboliche e di sostegno, sono in numero maggiore dei neuroni e sono capaci di dividersi. Il tessuto nervoso forma la sostanza grigia costituita dai corpi cellulari dei neuroni dai dendriti e parte iniziale degli assoni la parte bianca dagli assoni.

Gli **astrociti** sono le cellule gliali più abbondanti e grandi. Hanno una forma stellata e numerosi prolungamenti, possono mettersi in comunicazione con il corpo dei neuroni, con gli assoni, con le parti dei capillari. Costituiscono e mantengono la barriera ematoencefalica, danno sostegno, guidano allo sviluppo neuronale, controllano l'ambiente interstiziale, hanno funzione riparativa e assorbono e riciclano i neurotrasmettitori.

Le **cellule ependimali** rivestono le cavità dei ventricoli cerebrali e il canale centrale del midollo spinale, presentano ciglia e microvilli, non poggiano sulla membrana basale, regolano la produzione e la circolazione e il riassorbimento del liquido cerebrospinale.

Le **microglia** hanno un corpo cellulare piccolo, sono presenti sia nella sostanza bianca che nella sostanza grigia, sono responsabili della fagocitosi, hanno origini nel midollo osseo e aumentano in condizioni patologiche.

Nel SNP sono presenti le cellule satelliti e circondano i corpi cellulari neuronali nei gangli, regolano gli scambi tra pirenofori e il fluido extracellulare.

nervi periferici:

I nervi possono essere costituiti sia da fibre mieliniche che amieliniche. Sono fasci di fibre nervose circondati da rivestimenti connettivi, ogni nervo è costituito da uno o più fasci, ogni fascio da più fibre nervose. Un nervo periferico è costituito da più assoni, cellule di Schwann e vasi sanguigni. I nervi periferici sono riccamente vascolarizzati e si possono classificare in: nervi sensitivi (afferenti), nervi motori (efferenti) e nervi spinali (misti)

gangli:

Hanno l'aspetto di un piccolo rigonfiamento rotondo dato da un ammasso di pirenofori neuronali e posto lungo il decorso dei nervi. I gangli sono posti nel SNP sono delimitati da un tessuto connettivo denso che forma una capsula. Si distinguono gangli sensitivi che contengono i corpi cellulari dei neuroni sensitivi, e in gangli autonomi contengono i corpi cellulari dei nervi autonomi postgangliari.