

Esercitazioni di Fisiologia

Elementi di citologia, istologia ed anatomia del sistema nervoso, del tessuto muscolare e dell'apparato cardiovascolare

✓ **Sistema nervoso:** neuroni, cellule di nevroglia, vasi sanguigni, tessuto connettivo di sostegno (solo nel sistema nervoso periferico).

■ **Cellula nervosa:** corpo cellulare (pirenoforo), dendriti (in genere multipli; si ramificano ripetutamente rimanendo confinati nelle vicinanze del pirenoforo; la loro superficie è ricoperta di protuberanze o spine), **assone** (in genere unico; origina dal cono di emergenza; è privo di spine e si divide ripetutamente a distanza dal pirenoforo).

■ **Sinapsi:** **elettriche:** trasmissione di segnali elettrici fra fibre muscolari cardiache, fra fibre muscolari lisce e fra alcuni neuroni; trasmissione di norma bidirezionale, virtualmente istantanea, tramite vie di comunicazione intercellulari ad alta conduttanza (gap junctions).

chimiche: trasmissione unidirezionale da un neurone ad altri neuroni od a fibre muscolari, in assenza di soluzioni di continuo fra i citoplasmici delle cellule comunicanti. Neurone presinaptico e postsinaptico. Bulbi sinaptici, spazio intersinaptico.

■ **Nevroglia:** cellule dell'ependima, astrociti, oligodendrociti, cellule satelliti, cellule di Schwann, cellule di microglia.

Le cellule di Schwann (nel sistema nervoso periferico) e le cellule di oligodendroglia (nel sistema nervoso centrale) si dispongono sequenzialmente a formare la **guaina mielinica** degli assoni. La guaina mielinica è interrotta dai **nodi di Ranvier**. Le **fibre nervose amieliniche** occupano recessi scavati alla superficie di un'unica cellula di Schwann.

✓ **Sistema nervoso:** è essenzialmente continuo, ma può essere suddiviso a scopo descrittivo in sistema nervoso cerebro-spinale (centrale e periferico) e sistema nervoso autonomo.

■ **Sistema nervoso centrale** o nevrasse: **encefalo** (racchiuso nella cavità cranica; comprende tronco dell'encefalo -bulbo, ponte, mesencefalo-, cervelletto, diencefalo e telencefalo) e **midollo spinale** (contenuto nei due terzi superiori del canale vertebrale).

■ **Sostanza grigia:** predominanza di pirenofori, dendriti e del tratto iniziale degli assoni; nella corteccia degli emisferi cerebrali e del cervelletto, nella regione centrale del midollo spinale, in aggregati circoscritti (nuclei) del sistema nervoso centrale.

■ **Sostanza bianca:** occupata da fibre nervose, raccolte in fasci o tratti; nella parte centrale degli emisferi cerebrali e del cervelletto, attorno ai nuclei, nella porzione periferica del midollo spinale.

■ **Sistema nervoso periferico: nervi** (fibre nervose che fuoriescono dal nevrasse, associate fra loro e con guaine connettivali -epinevrrio, perinevrrio, endonevrrio-), **gangli** (aggregati di corpi cellulari nel sistema nervoso periferico cerebro-spinale e nel sistema nervoso autonomo).

■ **Nervi cranici** (di senso, di moto o misti; 12 paia), originano da determinate zone dell'encefalo.

■ **Nervi spinali** (misti; 31 paia), connessi al midollo spinale tramite una radice posteriore o dorsale ed una radice anteriore o ventrale, che si uniscono a formare il tronco del nervo spinale.

■ **Radice dorsale:** fibre afferenti al nevrasse; ganglio spinale, che contiene i pirenofori dei neuroni pseudounipolari di senso.

■ **Radice ventrale:** fibre efferenti, che trasmettono impulsi di moto alla periferia da neuroni situati nelle corna anteriori del midollo spinale.

■ **Nervi viscerali o splanchnici,** connessi al sistema nervoso centrale tramite gli stessi nervi spinali o cranici.

■ **Sistema nervoso autonomo:** controlla la muscolatura liscia e quella cardiaca e la secrezione ghiandolare. Sistema nervoso **ortosimpatico** (simpatico) e sistema nervoso **parasimpatico**.

■ Le **vie efferenti viscerali:** **neurone pregangliare** (in un nucleo dell'encefalo o nella sostanza grigia del midollo spinale)

→ assone **mielinizzato**, che decorre in un nervo cranico o spinale sacrale fino ad un ganglio periferico prossimo alle cellule effettrici (parasimpatico) o in un nervo spinale toraco-lombare ad un ganglio nel tronco del simpatico o in un plesso, prossimo in genere al midollo spinale (ortosimpatico).

→ sinapsi con più **neuroni postgangliari**

→ assoni non mielinizzati, che si distribuiscono alle cellule effettrici.

■ Le **vie afferenti viscerali:** simili a quelle somatiche; da neuroni pseudounipolari dei gangli encefalici e spinali.

■ **Cellule recettrici neuronali** (recettori neuroepiteliali, nell'epitelio olfattivo, e recettori neuronali, nell'apparato tegumentario o con funzioni di propriocettori) e **cellule recettrici epiteliali** (gustative ed auditive, che trasmettono l'eccitazione ai neuroni sensitivi di primo ordine tramite sinapsi chimiche).

Fra i recettori neuronali si distinguono le terminazioni nervose corpuscolate, in cui il terminale assonico è incapsulato da cellule non eccitabili. Corpuscoli di Meissner, corpuscoli di Pacini-Vater.

✓ **Muscoli scheletrici:** avvolti da una lamina connettivale (**epimisio**) in continuità con il tendine. Connettivo interstiziale (**perimisio**) avvolge i **fasci muscolari**; delicati setti di connettivo reticolare (**endomisio**) avvolgono le **fibre muscolari**. Le fibre muscolari sono sincizi polinucleati; contengono **miofibrille** parallele disposte lungo l'asse longitudinale della fibra; le miofibrille sono composte da due tipi di **miofilamenti**. Il **sarcolemma** è l'insieme della membrana plasmatica e della membrana basale proteo-polisaccaridica.

■ In preparati fissati e colorati si apprezza nelle fibre muscolari la regolare alternanza di bande trasversali più colorate (**bande A**) e meno colorate (**bande I**). La banda A presenta una zona centrale più chiara (**banda H**), attraversata da una linea più scura (**linea M**). La banda I è solcata da una linea scura trasversale (**linea Z**).

■ **Sarcomero:** ciascun segmento di miofibrilla che si estende tra due linee Z successive.

● **Miofilamenti spessi:** occupano la banda A; sono costituiti da **miosina** e da **proteine C e M** (a funzione citoscheletrica). La miosina è una proteina esamerica composta da due subunità pesanti e da quattro subunità leggere; possiede attività ATPasica e capacità di combinarsi con l'actina a formare actomiosina.

● **Miofilamenti sottili:** dalla linea Z lungo la semibanda I penetrano nella banda A tra i filamenti spessi, giungendo al limite della banda H. Sono costituiti da filamenti di **actina** avvolti a superelica, da **tropomiosina** e da **troponina**. Le molecole di tropomiosina formano un filamento continuo in prossimità della doccia della superelica di actina; la troponina è una molecola globulare composta da tre subunità, distribuita lungo il filamento sottile ad intervalli regolari.

Gli interstizi tra le miofibrille sono occupati dal citoplasma (**sarcoplasma**), che contiene un reticolo endoplasmatico liscio specializzato (**reticolo sarcoplasmatico**): un sistema continuo di canalicoli o cisterne delimitati da membrana (sarcotubuli) longitudinali che confluiscono nella regione della banda H in una cisterna fenestrata centrale trasversale e nella regione prossima al limite tra banda A e banda I in una cisterna terminale trasversale.

Fra le due cisterne terminali al limite tra banda A e banda I si interpone un'invaginazione tubulare del sarcolemma (**tubulo T**), a formare la triade del reticolo. Evaginazioni delle membrane delle cisterne terminali contraggono gap junctions con la membrana del tubulo T.

La fibra muscolare si contrae in risposta ad un impulso che vi giunge tramite l'assone di una fibra nervosa di moto attraverso la sinapsi o **giunzione neuromuscolare** o placca motrice, una per ogni fibra. Suola terminale, docce o fessure sinaptiche primarie e secondarie.

I muscoli scheletrici differiscono per colore: alcuni sono più rossi (muscoli rossi), altri di un rosso meno intenso (bianchi); nei primi prevalgono certi tipi di fibre (rosse), nei secondi altri (bianche).

■ **Fibre rosse:** mitocondri più numerosi, maggior contenuto di mioglobina, minore attività ATPasica delle isoforme di miosina.

■ **Fibre bianche:** mitocondri scarsi, reticolo sarcoplasmatico meno sviluppato, maggior concentrazione di enzimi glicolitici.

■ **Unità motoria:** un motoneurone, il suo assone e le fibre muscolari da esso innervate; l'unità motoria è uniforme, ossia innerva fibre di un medesimo tipo. Le unità motorie sono più piccole ove è richiesto un preciso controllo del movimento. Le fibre muscolari innervate da un motoneurone sono spesso ampiamente sparse per tutto un muscolo e non corrispondono ad alcuna ovvia suddivisione strutturale del muscolo stesso.

■ Il **torace** racchiude gli organi principali della ventilazione e della circolazione; è delimitato dalle 12 vertebre toraciche, dalle 12 paia di coste, dallo sterno e dalle cartilagini costali. La cavità toracica è divisa in due parti dal **mediastino**, che è posto tra i due polmoni e si estende dallo sterno alla colonna vertebrale e dall'apertura toracica superiore al diaframma.

■ Il **cuore** si trova nel mediastino, racchiuso dal pericardio, che contiene anche le parti prossime al cuore dei grossi vasi; è un organo cavo, a costituzione fibromuscolare e forma conica o piramidale.

■ Il **pericardio** è formato da un sacco fibroso e da un sacco interno a doppia parete, la **sierosa** pericardica. Il foglietto viscerale della sierosa pericardica (**epicardio**) avvolge il cuore e si riflette nel foglietto parietale, che riveste il sacco fibroso. La cavità racchiusa dai due foglietti sierosi è virtuale, occupato solo da un tenue velo liquido.

Le cavità cardiache sono costituite da due **atri** e due **ventricoli**.

■ L'**atrio destro** riceve sangue refluo sistemico attraverso la **vena cava superiore** e quella **inferiore** ed il **seno coronarico**, che riporta all'atrio destro la maggior parte del sangue refluo dalle pareti del cuore; da qui il sangue passa nel ventricolo destro attraverso l'ostio atrioventricolare destro, guarnito dalla **valvola tricuspide**. La contrazione del **ventricolo destro** provoca la chiusura della valvola tricuspide e l'eiezione del sangue nell'**arteria polmonare**, attraverso il cono arterioso del ventricolo destro e l'ostio arterioso di destra, guarnito dalla **valvola polmonare**.

■ L'**atrio sinistro** riceve il sangue refluo dal circolo polmonare tramite le **vene polmonari** ed una piccola parte del sangue refluo dal circolo coronarico. L'atrio si contrae per completare il riempimento del ventricolo sinistro, nel cui segmento venoso il sangue fluisce attraverso l'ostio arterovenoso di sinistra, guarnito dalla **valvola mitrale**. Le pareti del **ventricolo sinistro** sono circa tre volte più spesse di quelle del ventricolo destro. La contrazione del ventricolo sinistro provoca la chiusura della valvola mitrale e l'eiezione del sangue nell'**aorta ascendente** attraverso il segmento arterioso del ventricolo sinistro e l'ostio arterioso di sinistra, guarnito dalla **valvola aortica**.

■ Gli apparati valvolari tricuspide e mitralico comprendono gli **osti atrioventricolari** e gli **anelli** che li delimitano; le **cuspidi** o lembi valvolari; i **muscoli papillari**, protrusioni del miocardio ventricolare; le **corde tendinee**, tese fra le cuspidi ed i muscoli papillari.

La sistole ventricolare si caratterizza per la contrazione dapprima dei muscoli papillari, quindi della parete e del setto. La contrazione coordinata dei muscoli papillari determina un progressivo aumento di tensione delle corde tendinee ed il collabimento degli opposti lembi valvolari, impedendo il ribaltamento dei lembi verso la cavità atriale e assicurando la continenza della valvola. Gli osti atrioventricolari e le valvole subiscono notevoli modificazioni di posizione, di forma e di ampiezza durante il ciclo cardiaco. In sistole la valvola mitrale riduce la superficie del suo ostio fino a 40%, e la sua forma si modifica da circolare a semilunare.

✘ **Fibre muscolari cardiache:** elementi cellulari distinti, si biforcano alle estremità, connettendosi in una rete tridimensionale; i tubuli T sono voluminosi e situati a livello delle linee Z; le cisterne terminali sono sostituite da espansioni dei tubuli longitudinali, che formano coi tubuli T le **diadi**. Le fibre muscolari cardiache sono striate trasversalmente, e non vi sono differenze sostanziali nel modo di associarsi tra filamenti spessi e sottili rispetto alle fibre scheletriche. Nel miocardio i fasci di filamenti non si associano tuttavia lateralmente per formare unità miofibrillari distinte come nelle fibre scheletriche.

✚ **Dischi intercalari:** zone di contatto e di adesione tra le estremità di fibre muscolari cardiache contigue, presentano ad intervalli irregolari gap junctions: il miocardio si comporta come un sincizio elettrico.

✚ Le **cellule muscolari atriali:** diametro minore di quello delle fibre ventricolari; sistema di tubuli T poco sviluppato; maggior frequenza di gap junctions. Nel sarcoplasma posto ai poli del nucleo delle cellule muscolari dell'atrio sono localizzati granuli ricoperti da membrana contenenti **peptide natriuretico atriale**, che svolge un ruolo importante nel mantenimento dell'equilibrio idrosalino e nella regolazione della pressione arteriosa.

✚ Le **fibre dei nodi** senoatriale ed atrioventricolare sono più piccole delle comuni fibre del cuore e sono accolte in un abbondante tessuto connettivo piuttosto compatto.

✚ Le fibre delle branche destra e sinistra del fascio atrioventricolare (**fibre del Purkinje**) sono invece più grandi delle fibre degli atri e dei ventricoli, ma le miofibrille sono relativamente scarse.

✚ Le **cellule muscolari di transizione** si trovano nei nodi, e si estendono al tronco comune ed ai rami principali del sistema di conduzione come una via di collegamento tra le cellule muscolari del nodo e quelle di Purkinje; possono condurre l'impulso elettrico più lentamente delle fibre più grandi.

■ Ciascuna cellula miocardica è avvolta da un sottile **endomysio** che manca solamente a livello dei dischi intercalari. Si sostiene che aggregati di cellule miocardiche formanti **fasci o nastri o lamine** di dimensioni macroscopiche siano circondati da avvolgimenti di connettivo perimisiale.

■ Si distinguono **fasci degli atri, fasci dei ventricoli e fasci del sistema di conduzione**.

✚ I fasci degli atri sono disposti in due strati, di cui il più superficiale comune ai due atri, il più profondo proprio di ciascun atrio.

✚ Nei ventricoli vi sono strati superficiali e profondi, con disposizione da circolare a quasi longitudinale, spesso comuni alla muscolatura dei due ventricoli; quasi tutti concorrono alla formazione dei muscoli papillari.

Ciò rappresenta la base anatomica della riduzione di tutte le dimensioni delle cavità ventricolari in sistole e dell'integrazione fra l'attività delle valvole atrioventricolari e la contrazione delle pareti ventricolari.

■ Su un piano che corrisponde approssimativamente a quello che delimita gli atri dai ventricoli si trova un intreccio di fasci di connettivo denso, dal quale si dipartono propaggini connettive, detto **scheletro fibroso del cuore**, che ha intimi rapporti con gli osti atrioventricolari e di efflusso.

Lo scheletro fibroso del cuore assicura l'isolamento elettrico fra miocardio atriale e ventricolare, fatta eccezione per il collegamento dovuto all'apparato di conduzione; provvede un ancoraggio meccanico per la muscolatura degli atri e dei ventricoli; mantiene la posizione complessiva del cuore all'interno del sacco pericardico; assicura una base di ancoraggio alle cuspidi valvolari.

■ **Sistema di conduzione del cuore:** le sue parti ammesse da tutti i ricercatori sono il nodo senoatriale, il nodo atrioventricolare, il fascio atrioventricolare comune e le sue branche destra e sinistra, il plesso subendocardico delle fibre di Purkinje.

✚ Il **nodo senoatriale** (di Keith e Flack) si trova in corrispondenza della porzione superiore dell'atrio destro, in sede subepicardica in prossimità della vena cava superiore.

✚ Il **nodo atrioventricolare** (di Tawara) si trova in posizione subendocardica nella parete settale dell'atrio destro; la sua estremità antero-inferiore è vicina al corpo fibroso centrale e si continua nel fascio atrioventricolare comune. I nodi sono composti da cellule muscolari nodali, da cellule muscolari di transizione, da cellule di Purkinje e da cellule muscolari comuni dell'atrio.

✚ Il **fascio atrioventricolare di His** decorre nel corpo fibroso centrale raggiungendo la parte membranacea del setto. Da qui si continua come **branca destra** del fascio lungo il setto muscolare, dapprima in sede miocardica, quindi subendocardica, per giungere al muscolo papillare anteriore del ventricolo destro, da cui si sfocia in rami ricorrenti verso la base del ventricolo destro. Dal margine sinistro del fascio comune e dalla sua porzione nel setto membranaceo si staccano sottili fascetti (**branca sinistra** del fascio) che convergono in un largo nastro appiattito, decorrente in sede subendocardica nella faccia sinistra del setto muscolare, per dividersi in due fasci diretti ai muscoli papillari del ventricolo sinistro, che lì si sfociano a dare rami ricorrenti alla base del ventricolo sinistro. Il fascio atrioventricolare contiene al suo inizio cellule di transizione; distalmente le cellule assumono progressivamente la morfologia di cellule muscolari del Purkinje.

Le branche principali del fascio sono isolate dal circostante miocardio per mezzo delle loro guaine di tessuto connettivo; i contatti funzionali tra cellule di Purkinje e miocardio ventricolare iniziano in modo significativo solo nella rete subendocardica terminale. Ciò costituisce la base anatomica dell'inizio dell'eccitazione e contrazione dai muscoli papillari, seguita da un'onda diretta ai segmenti arteriosi verso la base, e dell'eccitazione della parete del ventricolo dalla superficie endocardica a quella epicardica.

✚ È incerta l'esistenza ed il ruolo funzionale di vie di conduzione internodali, composte da fibre del miocardio comune e fibre del Purkinje: esse costituirebbero il fascio internodale anteriore (che comprende il fascio interatriale di Bachmann), il fascio internodale intermedio (di Wenckebach) ed il fascio internodale posteriore (di Thorel).

■ Il ciclo cardiaco è regolato da un'innervazione estrinseca viscerale che opera sul tessuto di conduzione, sui vasi coronarici e forse sul miocardio comune, e che consta di fibre afferenti ed efferenti.

■ Le **fibre parasimpatiche** raggiungono il cuore tramite rami cardiaci del nervo vago; **fibre ortosimpatiche** tramite rami del tronco del simpatico. Le fibre vegetative raggiunto il cuore formano un **plesso cardiaco** misto, che contiene nell'uomo un ganglio parasimpatico. Sembra che le fibre colinergiche siano più numerose nel miocardio dell'atrio umano, quelle adrenergiche in quello del ventricolo. La distribuzione delle fibre afferenti, sia pure innegabili dal punto di vista fisiologico, è molto meno conosciuta.

✓ **Muscolo liscio:** nella parete di visceri dell'apparato digerente, respiratorio ed urogenitale; è presente nella parete delle arterie, delle vene e dei tronchi linfatici maggiori e nel derma, come muscoli erettori dei peli; tessuto muscolare liscio a diversa origine embriologica costituisce la muscolatura liscia dell'iride.

■ Le fibrocellule o **fibre muscolari lisce** sono elementi fusiformi, disposti in modo sfasato, con l'asse maggiore parallelo alla direzione di contrazione, e di regola organizzate in piccoli fascetti, separati da setti di connettivo lasso che contengono vasi e nervi afferenti ed efferenti.

■ La membrana plasmatica o sarcolemma presenta **invaginazioni micropinocitiche**, forse l'equivalente funzionale dei tubuli T della muscolatura striata, in stretto contatto con elementi tubulari del reticolo sarcoplasmatico. Cellule adiacenti entrano in connessione tramite gap junctions.

■ Il sarcoplasma è occupato da **miofilamenti** disposti lungo l'asse maggiore della fibra, che non si organizzano in miofibrille con successione di bande trasversali; i miofilamenti attraversano dei **corpi densi** nel sarcoplasma, con funzione simile a quella delle linee Z delle fibre striate. Corpi densi o piastre di inserzione sono presenti anche sulla superficie interna del sarcolemma, connettendosi ai filamenti sottili. Le cellule muscolari lisce contengono anche filamenti intermedi a ruolo strutturale, composti principalmente da **desmina (vimentina)** nel muscolo liscio vascolare), che decorrono in fasci tra i filamenti di actina e di miosina e si associano con i corpi densi citoplasmatici.

La fibra muscolare liscia contiene due specie di filamenti simili a quelli della fibra striata, e la contrazione dei due tipi cellulari avviene con lo stesso meccanismo di base. E' possibile che nel tessuto muscolare liscio in stato di rilassamento le molecole di miosina siano isolate fra loro anziché riunite a costituire i filamenti riconoscibili al microscopio elettronico, e che in condizioni favorevoli alla contrazione si aggregino a costituire filamenti ben definiti, non disposti tuttavia in registro, spiegando così l'assenza di striatura trasversale.

■ Le catene polipeptidiche della miosina nel muscolo liscio differiscono per alcune sequenze aminoacidiche da quelle nel muscolo striato. Una **catena leggera della miosina** svolge nel muscolo liscio un ruolo inibitorio dell'attività ATPasica attivata dall'actina, un ruolo dunque simile a quello della troponina, che nel muscolo liscio è assente.

■ Le fibrocellule muscolari lisce ricevono una duplice innervazione motrice, ortosimpatica e parasimpatica; gli assoni delle fibre postgangliari amieliniche terminano ramificandosi ripetutamente attorno alle cellule muscolari con cui stabiliscono rapporti sinaptici, liberando prevalentemente acetilcolina o norepinefrina.

■ La **muscolatura liscia** può essere suddivisa relativamente alle modalità della diffusione dell'impulso in **multiunitaria** (nelle grandi arterie, nell'iride e nel condotto deferente) e **monounitaria** (stomaco, intestino, utero, uretere, alcuni piccoli vasi sanguigni).

Nei muscoli multiunitari ricchi plessi nervosi innervano molte fibrocellule muscolari lisce, la contrazione viene di norma iniziata dalla stimolazione neurale, e piccoli gruppi di cellule possono contrarsi indipendentemente. La muscolatura monounitaria è scarsamente dotata di nervi motori; le sue contrazioni ritmiche sono spontanee (miogene) e possono essere regolate da zone pace-maker del muscolo o evocate dallo stiramento o dalla stimolazione ormonale; l'impulso contrattile si propaga alle cellule contigue tramite le gap junctions; il ruolo dell'innervazione motoria è allora regolativo.

✓ Il cuore destro ed il cuore sinistro rappresentano una coppia di pompe, associate topograficamente in un solo organo, ma disposte in serie in punti diversi del sistema vascolare, che può essere così diviso in una **circolazione generale o sistemica** ed in una **circolazione polmonare**.

■ Le superfici di tutti i vasi sanguiferi e la superficie interna del cuore sono rivestite da uno strato di **cellule endoteliali** appiattite e parallele all'asse maggiore del vaso. Nel citoplasma sono presenti fascetti di microfilamenti e di filamenti intermedi di **vimentina**, che determinano la forma delle cellule e consentono un rinforzo meccanico.

■ In molte cellule endoteliali sono presenti piccole **invaginazioni vescicolari del plasmalemma** che si ritengono coinvolte in fenomeni di transitosi; sono abbondanti in capillari dell'intestino, miocardio e rene, mentre sono assai rare nei capillari encefalici. Le cellule endoteliali sono collegate tra loro mediante **giunzioni serrate**; sono circondate da una membrana basale, che influenza la permeabilità dei vasi sanguiferi, in particolare nei glomeruli renali.

✦ L'endotelio ha **importanti funzioni metaboliche**, e diversi sistemi enzimatici sono localizzati sul plasmalemma o nel citoplasma delle cellule endoteliali. A livello dell'endotelio polmonare l'**angiotensina I** è convertita in angiotensina II; a livello endoteliale molte sostanze, quali serotonina, bradichinina, noradrenalina, prostaglandine e testosterone, sono **inattivate**. L'endotelio inibisce l'**adesione delle piastrine** e previene l'**attivazione della cascata coagulativa**, grazie alla carica negativa alla superficie endoteliale ed alla sintesi di fattori antitrombogeni.

✗ I **vasi capillari** hanno diametro di circa 8 μm , spessore della parete che giunge a 0,2 μm , ed hanno lunghezza totale nell'uomo valutabile attorno a 90000 km.

✗ Nei vasi a calibro maggiore il rivestimento endoteliale è circondato da tessuto muscolare liscio e tessuto connettivo organizzati in stratificazioni concentriche, dette dall'interno all'esterno **tonaca intima**, **tonaca media**, **tonaca avventizia**.

Le componenti strutturali del tessuto connettivo controbilanciano le forze longitudinali e circonferenziali generate dal sangue nei vasi, e sono responsabili delle proprietà di restituzione elastica e della capacità di variare il calibro del vaso per azione muscolare.

✚ La morfologia e la composizione della parete vascolare variano con l'entità delle pressioni cui la parete è sottoposta. La parete delle arterie è così molto più spessa di quella delle vene; vasi che si trovano sotto il cuore in ortostatismo tendono ad avere parete più spessa di vasi che si trovano sopra, per via delle differenze di pressione idrostatica; vasi in sistemi a volume fisso (scatola cranica, canale vertebrale, cavità midollare delle ossa lunghe) tendono ad avere parete più sottile; vasi su cui agiscono forze meccaniche, come le arterie coronarie, hanno parete muscolare particolarmente spessa.

In genere nelle arterie di tipo elastico e nelle vene la parete è spessa circa 1/10 del diametro; è spessa circa 1/4 in arterie muscolari, 1/2 in arterie di piccolo calibro.

✚ I vasi sanguigni e nutritizi, detti **vasa vasorum**, ed i vasi linfatici decorrono nella tonaca avventizia e talora nelle parti più esterne della tonaca media. La restante parte della parete vasale è nutrita per diffusione dal sangue che scorre nel lume del vaso. Piccole vene decorrono nell'avventizia e si aprono nella vena o vene satelliti dell'arteria. Le pareti delle vene di calibro maggiore sono vascolarizzate da vasa vasorum, che possono penetrare profondamente nella parete vascolare, probabilmente in rapporto con la bassa tensione di ossigeno nel sangue venoso.

✚ **Fibre nervose** possono distribuirsi a tutte le tonache.

✚ Fibre nervose **efferenti** amieliniche mantengono un tono vasomotorio mutevole nelle arterie, ramificandosi nell'avventizia e raggiungendo le cellule muscolari della parte esterna della media. Le loro terminazioni si estendono su un vasto territorio, separate dalle cellule muscolari da un intervallo di 60-400 nm e possono venire in contatto con varie cellule muscolari, ognuna delle quali può essere innervata da più di un terminale assonico.

✱ Le fibre mieliniche **afferenti** si distribuiscono all'intima ed all'avventizia, con terminazioni espanse e varicose; alcune potrebbero mediare impulsi dolorifici, mentre altre in sedi specifiche sono specializzate come **barocettori** nel seno carotico e nell'arco dell'aorta o come **chemocettori**, sensibili a variazioni del pH, di PCO₂ o PO₂ (glomi carotico ed aortico).

La maggior parte dei vasi sanguiferi non riceve un'innervazione vasodilatatrice, e la vasodilatazione neurogena è conseguente a riduzione del tono vasocostrittore ortosimpatico.

È stata osservata vasodilatazione neurogena nei vasi della muscolatura scheletrica che ricevono un'innervazione simpatica colinergica; in varie ghiandole esocrine in conseguenza di attività eccitosecretoria con liberazione secondaria di un fattore vasodilatatorio, la bradichinina; nella cute, in seguito a stimolazione dei nervi afferenti, le cui collaterali si ramificano sulla parete dei vasi sanguiferi circostanti.

✘ Sono **arterie di grosso calibro di tipo elastico** l'aorta e le sue collaterali principali (anonima, carotidi comuni, succlavie ed iliache comuni), l'arteria polmonare e le sue diramazioni. La tonaca media contiene numerose **membrane elastiche fenestrate** circolari, separate da connettivo denso, la cui sintesi è deputata a cellule muscolari lisce.

✘ Nelle **arterie muscolari di medio e piccolo calibro** la tonaca media è delimitata da una membrana elastica esterna e da una interna, ed è formata prevalentemente da cellule muscolari lisce con fibre elastiche sparse e scarsa quantità di collagene; le cellule muscolari hanno andamento elicoidale a piccolo passo, che si fa circolare nei vasi di piccolo calibro.

✘ Nelle più piccole **vene** è difficile distinguere le tre tonache, e l'endotelio poggia su una trama di fibre elastiche longitudinali, appoggiata ad una membrana di fibre collagene, o su una tonaca esterna, composta da fibre collagene con poche cellule muscolari lisce disposte circolarmente.

✘ Nelle **vene più grandi** la tonaca intima termina in una rete di fibre elastiche, che ricorda la membrana elastica interna delle arterie; nella tonaca media predominano le fibre collagene su quelle elastiche, e sono talora presenti cellule muscolari lisce a disposizione circolare.

✘ Nelle **vene di maggior calibro** la tonaca avventizia è assai più spessa della media e contiene cellule muscolari longitudinali, particolarmente abbondanti nella vena cava inferiore.

La maggior parte delle vene è provvista di **valvole semilunari**, che prevengono il reflusso del sangue, costituite da protrusioni della tonaca intima rinforzate da connettivo con fibre elastiche. Di solito le valvole si presentano in coppia, l'una di fronte all'altra; la parete della vena si espande dal lato che guarda il cuore in corrispondenza della valvola in una tasca o seno, contro cui la valvola è applicata quando il flusso è centripeto. Le valvole sono molto numerose nelle vene degli arti, particolarmente di quelli inferiori, che sono soggette ad una pressione intermittente dovuta alle contrazioni muscolari e conducono il sangue contro la forza di gravità; le valvole mancano in vene molto piccole o molto grosse.