

APARATUL CARDIO-VASCULAR

Aparatul cardiovascular este constituit dintr-un "sistem tubular închis" destinat transportului sângelui și limfei în tot organismul. Pe această cale sunt transportate spre țesuturi o multitudine de substanțe destinate metabolismului celular (**oxigen, aminoacizi, glucoză, acizi grași liberi, ioni, vitamine, enzime, hormoni, factori de creștere**), diverse celule ale sistemului imunitar, imunoglobuline, și sunt preluate de la celule și țesuturi producții de sinteză ai acestora care sunt transportați spre alte celule și țesuturi sau producții reziduale (**CO₂, ureea, acidul uric, creatinina** etc.) care sunt transportați spre căile de eliminare (rinichi, plămâni, piele).

Cunoscut și sub numele de **sistem circulator**, aparatul cardiovascular este format dintr-un organ central, **cordul, vasele sanguine și vasele limfatice**. El funcționează continuu și autonom. Oprirea circulației într-un teritoriu, privează de oxigen teritoriu respectiv (anoxie) ceea ce duce la moartea celulelor și țesuturilor, dacă circulația nu se restabilește rapid.

Sistemul circulator este format dintr-o serie de organe și structuri diferite morfologic și funcțional:

- **inima**: organ musculos, cavită, cu funcție de pompă;
- **arterele** sunt conducte eferente care se desprind de la baza inimii și conduc fie sânge nutritiv spre țesuturi și organe (aorta și ramificațiile ei), fie sânge încărcat cu CO₂ spre plămâni (artera pulmonară și ramificațiile ei). Cele două mari artere, pe măsură ce se depărtează de cord se ramifică arborescent reducându-și diametrul progresiv, dar suprafața totală de secțiune crește, ceea ce explică reducerea presiunii arteriale cu cât ne depărtăm de cord;
- **capilarele sanguine** sunt vase de calibru mic care rezultă din ultimele ramificații ale arterelor. Ele formează imense rețele anastomotice în țesuturi și organe, care asigură schimburile gazoase, metabolice și umorale dintre sânge țesuturi.
- **vene** sunt conducte aferente care adună sângele de la capilare tisulare și-l conduc spre cord. Pe măsură ce se apropie de cord venele confluează, astfel că numărul lor se reduce progresiv, dar calibrul acestora crește.
- **sistemul vascular limfatic** este o anexă a sistemului circulator sanguin cu rolul de a aduce în sistemul circulator limfa și o parte din lichidul interstițial nerecuperat din țesuturi de către capilarele sanguine.

Histogeneză. Inima își are originea în mezodermul splahnic într-o arie denumită **placă cardiogenă**. Dezvoltarea ei începe în jurul săptămânii a III-a de sarcină. Din placa cardiogenă apar două tuburi endoteliale care se unesc și formează tubul cardiac primitiv. Miocardul, ca și pericardul, se dezvoltă tot din mezodermul splahnic. Pe măsură ce tubii cardiaci se apropie unul de altul, se dilată, generând camerele primitive ale inimii. **Bulbul** inimii situat antero-cranial va genera trunchiul arterial. A doua cameră va forma **ventriculul primitiv** și a treia va forma **atriul primitiv**. A patra cameră devine **sinusul venos** care primește venele ombilicală și vitelină, și mai târziu, venele cardinale comune. Camerele inimii primitive sunt delimitate la exterior de porțiuni mai îngustate, iar la interior de îngroșări ale endocardului, numite **perinuțe endocardice**. Între săptămânile a IV și a VIII de viață embrionară tubul cardiac primitiv suferă o serie de rotații și ascensionări ale cavităților sale, urmate de apariția septurilor interatrial, atrio-ventricular și interventricular care vor genera forma finală a cordului. Miocardul ventricular se va dezvolta mult mai rapid decât cel atrial.

Mezenchimul subendocardial va forma o îngroșare în jurul fiecărui orificiu atrio-ventricular din care se vor dezvolta fine schelete conjunctive ale valvulelor mitrală și tricuspidă. La realizarea structurilor valvulare contribuie și endocardul primitiv.

Inima sau **cordul** este organul central al aparatului cardiovascular; este un organ cavitătar, muscular, situat în mediastinul anterior, având o greutate de circa **275-350** grame. Peretele său este format preponderent din țesut muscular cardiac care asigură, prin contracții ritmice, circulația sângelui și limfei prin vase. Inima este deci organul **propulsor**, **colector** și **distribuitor** al sângelui și limfei.

Inima umană, ca a oricărui mamifer, este formată din patru cavități: **două atri** (drept și stâng) și **două ventricule** (drept și stâng). Atriul comunică cu ventriculul de aceeași parte prin intermediul orificiului atrio-ventricular străjuit de **valvule** (tricuspida pe partea dreaptă și bicuspida sau mitrala pe partea stângă). Atât atriile cât și ventriculele sunt despărțite complet prin septul interatrial și respectiv septul interventricular, ceea ce a făcut să se vorbească de "inima dreaptă" și, respectiv "inima stângă".

Peretele **atriului drept** are o grosime medie de circa 0,2 cm. Suprafața sa internă nu este netedă ci ușor accidentată datorită unor trabecule musculare numite **mușchii pectinați**.

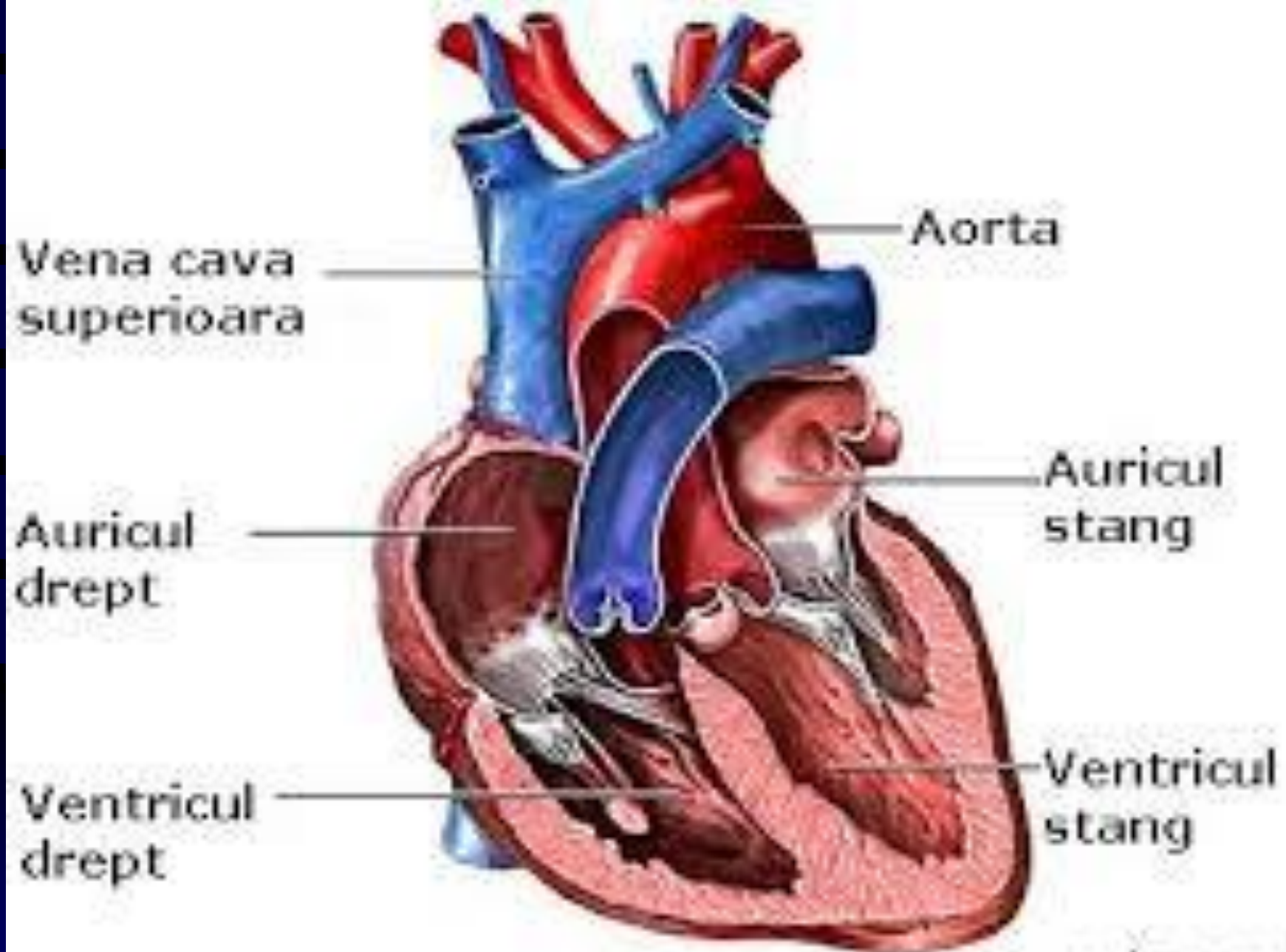
Atriul drept primește sângele venos adus de cele două vene cave și sinusul coronar. Orificiul venei cave superioare nu are valvule, iar orificiul venei cave inferioare prezintă, inconstant, rudimente valvulare care proemină în lumenul vasului sub forma unor cute ale tunicii interne. Sinusul coronar, care se deschide între vena cavă inferioară și valvula tricuspidă, prezintă și el valvule rudimentare.

Atriul stâng are o grosime de 0,3 cm, iar suprafața sa internă este mai netedă. Auriculul stâng prezintă o suprafață ușor accidentată datorită prezenței **mușchilor pectinați**. Pe peretele postero-lateral prezintă patru orificii ale venelor pulmonare prin care sângele oxigenat de la pulmon este adus în circulația sistemică. Venele pulmonare nu prezintă valvule.

Suprafața septului interatrial este netedă la nivelul atriului stâng și poate conține o mică adâncitură centrală corespunzând fosei ovale.

Ventriculul drept, situat anterior față de celelalte camere ale cordului, are o grosime de circa 4-5 mm. Fața internă prezintă numeroase trabecule.

Ventriculul stâng are o grosime medie de 2-3 ori mai mare decât ventriculul drept, ajungând la 8 - 15 mm.



Din punct de vedere histologic peretele inimii este structurat din tunici concentrice care se continuă cu tunicile vaselor sanguine care vin sau pleacă de la cord, motiv pentru care inima este considerată un vas sanguin cu peretele modificat.

Aceste tunici sunt:

- **endocardul;**
- **miocardul;**
- **pericardul.**

I. Endocardul sau tunica internă a cordului tapetează peretele cavităților cardiace și se continuă cu tunica internă a vaselor care vin sau pleacă de la inimă. El este constituit din: **endoteliu, stratul subendotelial, stratul subendocardic.**

Endoteliul este format dintr-un epiteliu simplu pavimentos, continuu, așezat pe o membrană bazală. El se continuă fără nici o limită cu endoteliul vaselor mari de la baza cordului.

Stratul subendotelial sau lamina propria, se găsește imediat sub membrana bazală a endoteliului. Este reprezentat de o lamă de țesut conjunctiv lax în care se găsesc rare celule conjunctive, fibre de collagen fine, orientate în toate direcțiile, rare fibre de reticulină și elastice. În partea profundă a acestui strat fibrele colagene se densifică, se orientează paralel cu suprafața endocardului, iar fibrele elastice formează membrane sau rețele elastice.

Stratul subendocardic este format din țesut conjunctiv lax care se continuă cu țesutul conjunctiv interstițial al miocardului.

Endocardul, în ansamblul său prezintă variații de grosime și de structură de la o cavitate a cordului la alta și de la o zonă la alta a aceleași cavități. Astfel, la nivelul atriului drept, endocardul conține un endoteliu continuu și un strat de țesut conjunctiv lax bogat în fibre elastice ce formează o membrană elastică fenestrată, vase de sânge, nervi, adipocite și elemente ale sistemului excito-conductor. În spațiul dintre benzile de fibre musculare atriale, peretele muscular al atriului este mult mai subțire astfel încât țesutul conjunctiv al endocardului fuzionează pe alocuri cu țesutul conjunctiv subepicardic.

Endocardul atriului stâng este mai gros și mai opac decât cel al atriului drept datorită presiunii mai mari din venele pulmonare care pătrund în atriu și care determină o îngrosare adaptativă a acestuia. El conține mai multe fibre de collagen decât cel drept.

Endocardul ventriculului drept are o structură similară endocardului din celelalte camere dar prezintă grosimi variabile în funcție de zona ventriculului. Țesutul subendocardic conține membrane elastice fenestrate, fascicule de fibre musculare netede, în special în septul interventricular, vase de sânge, nervi și elemente ale sistemului excito-conductor.

Endocardul ventriculului stâng este mai gros decât endocardul ventriculului drept din cauza presiunii hemodinamice ridicate care apare în timpul sistolei ventriculare.

Valvulele inimii. Orificiile atrio-ventriculare, aortic și al arterei pulmonare sunt prevăzute cu câte un aparat valvular care dirijează fluxul sanguin într-o anumită direcție.

Există două tipuri de valvule cardiace:

- valvule atrio-ventriculare;
- valvule semilunare.

Valvulele inimii sunt format dintr-un schelet conjunctiv dens, fibros, dispus central, învelit de endocard.

Valvulele atrio-ventriculare (mitrala și tricuspida) prezintă un schelet fibros bogat în fibre de collagen și puține fibre elastice care, la baza valvulelor, se continuă cu inelul fibros al orificiului atrio-ventricular, iar la marginea liberă a valvulei se continuă cu cordajele tendinoase ce se inseră pe mușchii papilari ai ventriculului. Scheletul central al valvulelor este învelit pe ambele fețe (atrială și ventriculară) de endocard; stratul subendocardic conține proteoglicani, fine fibre colagene și elastice, fibroblaste, celule conjunctive.

Cordajele tendinoase și **mușchii papilari** împiedică prolapsul valvulelor atrio-ventriculare spre atrii în timpul sistolei ventriculare.

Cordajele tendinoase sunt formațiuni fibrilare alcătuite în zona centrală din fibre de collagen aranjate longitudinal, înconjurată de fibre de collagen și fibre elastice cu orientare ușor spiralată. Printre fibrele conjunctive se găsesc proteoglicani și chiar mici vase de sânge (provenite din mușchii papilari). Aceste formațiuni sunt acoperite de un endoteliu subțire care se continuă cu endoteliul endocardului.

Valvulele semilunare, în număr de trei pentru fiecare orificiu arterial, au formă de cuib de rândunică și străjuiesc orificiile aortei și pulmonarei. Au o structură similară cu cea a valvulelor atrio-ventriculare numai că prezintă un schelet fibros mai dezvoltat, iar la marginea liberă prezintă o îngroșare fibroasă (**nodulul lui Arantius**). Nu se leagă de alte structuri prin cordaje tendinoase. La marginea liberă a valvulelor, endocardul ventricular se continuă cu un endoteliul care tapetează fața concavă a valvulelor și fața internă a aortei și pulmonarei. Valvulele aortice prezintă un schelet fibros puțin mai gros față de valvulele pulmonare datorită presiunii mai ridicate la care trebuie să facă față.

Valvulele inimii nu sunt vascularizate, hrănirea lor făcându-se prin difuziune din plasma cavităților cordului.

II. Miocardul sau tunica mijlocie este formată din țesut muscular striat cardiac, o formă particulară de țesut muscular striat, format din fibre musculare striate, uninucleate, jonctionate între ele prin **discuri intercalare**.

După aspectul histologic și funcția pe care o îndeplinesc celulele musculare cardiace se clasifică în:

- **celule miocardice propriu-zise** (celule lucrătoare sau miocardocite) care intră în structura mușchiului cardiac și asigură funcția de pompă a inimii;

- **celule nodale** (celule excito-conductoare) care formează țesutul nodal al cordului ce asigură geneza și conducerea undei de depolarizare a cordului.

Miocardocitele lucrătoare intră în structura miocardului atrial și ventricular, precum și în structura mușchilor papilari. Ele prezintă caractere morfologice care le diferențiază net de celulele excito-conductoare.

În structura miocardului, fibrele miocardice se organizează în fascicule sau rețele plexiforme a căror orientare generală este vizibilă macroscopic. Ele se jonctionează prin intermediul *discurilor intercalare* sau *striilor scalariforme Eberth*. Discul intercalar reprezintă un complex jonctiional cu structură și funcționalitate particulară, prezent numai în miocard.

Miocardocitele sunt celule cilindrice având un diametru de 15-30 μm , iar lungimea de 50-130 μm . Capetele lor sunt adesea ramificate formând adevărate rețele anastomotice.

În sarcoplasmă prezintă unul, sau mai rar doi nuclei ovalari, situați central, cu axul lung în axul celulei. Substratul contractil, reprezentat de miofibrile, este bine dezvoltat. Miofibrilele sunt așezate ordonat și prezintă striatii transversale caracteristice fibrelor musculare striate. În jurul nucleului striatiile transversale sunt absente.

Între miocardocitele anastomozate se găsește puțin țesut conjunctiv. În acest interstițiu există numeroase capilare sanguine și limfatice, fibre și celule conjunctive, matrice intercelulară și filete nervoase.

Deși sunt asemănătoare între ele, miocardocitele lucrătoare nu sunt identice. Ele prezintă aspecte morfologice variabile ca urmare a adaptării la lucrul mecanic pe care-l efectuează.

Există două categorii de celule miocardice:

- **miocardocite ventriculare;**
- **miocardocite atriale.**

Miocardocitele ventriculare sunt mai voluminoase, având un diametru de 15-25 μm .

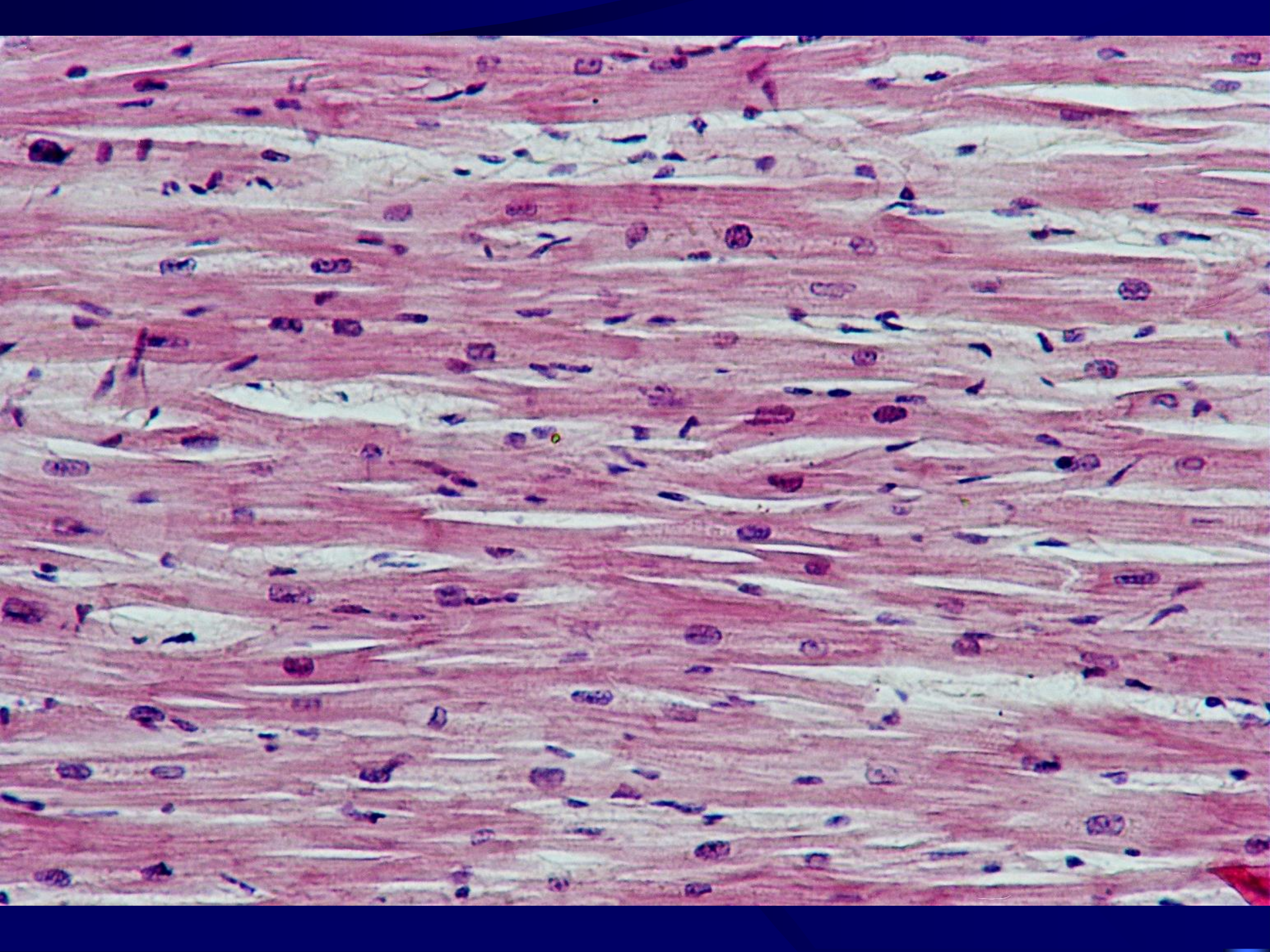
Miocardocitele atriale au un diametru de 6-15 μm . În sarcoplasma acestora s-au identificat **granule de secreție** de formă sferică, cu un diametru de circa 500 nm localizate preponderent perinuclear.

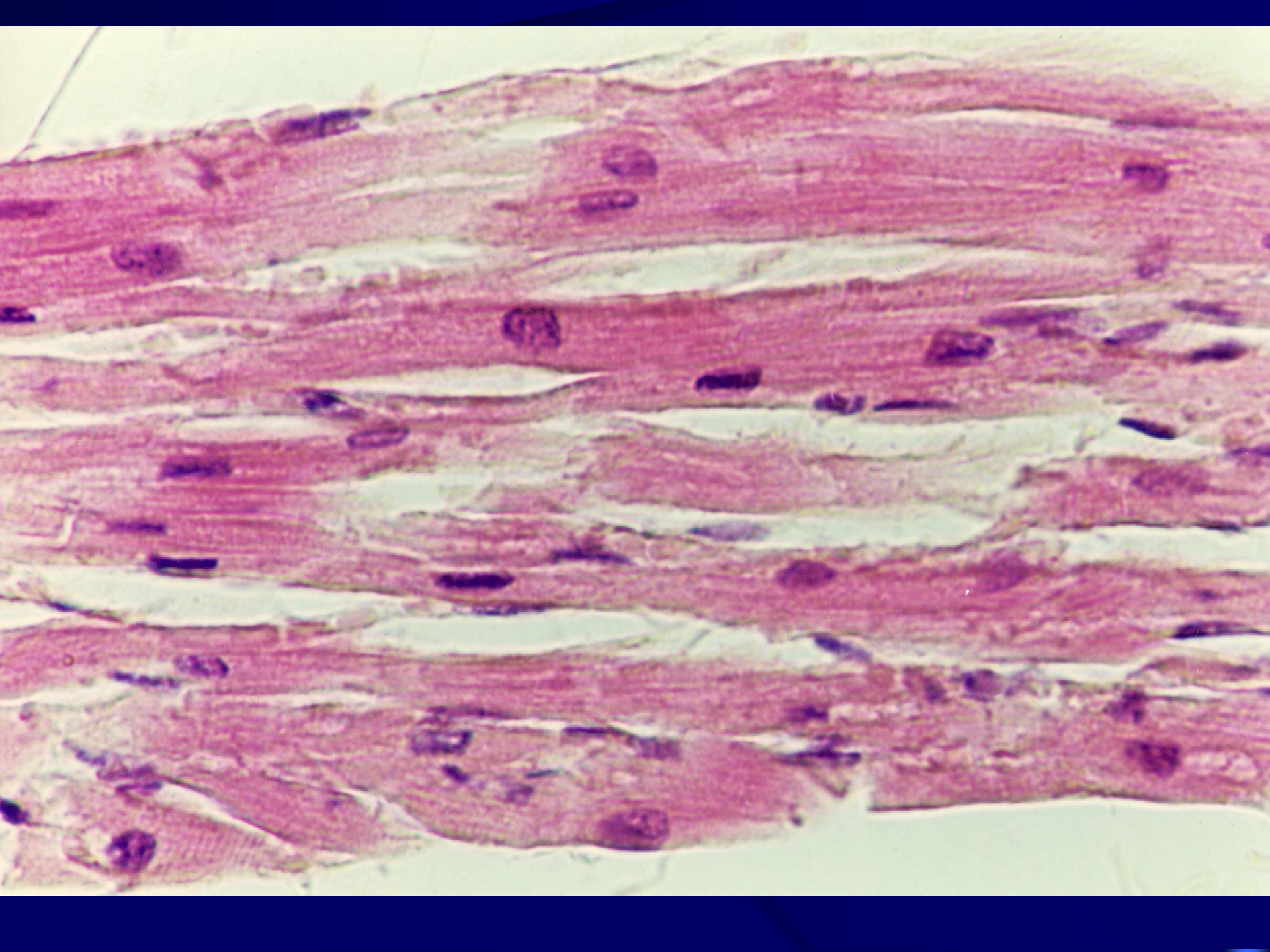
Aceste granule, semnalate pentru prima dată de către George Emil Palade în 1961, conțin un factor de natură polipeptidică care produce diureză prin natriureză și kaliureză masivă. Acest factor a fost numit *auriculină, atriopeptină sau factorul natriuretic atrial (FNA)*.

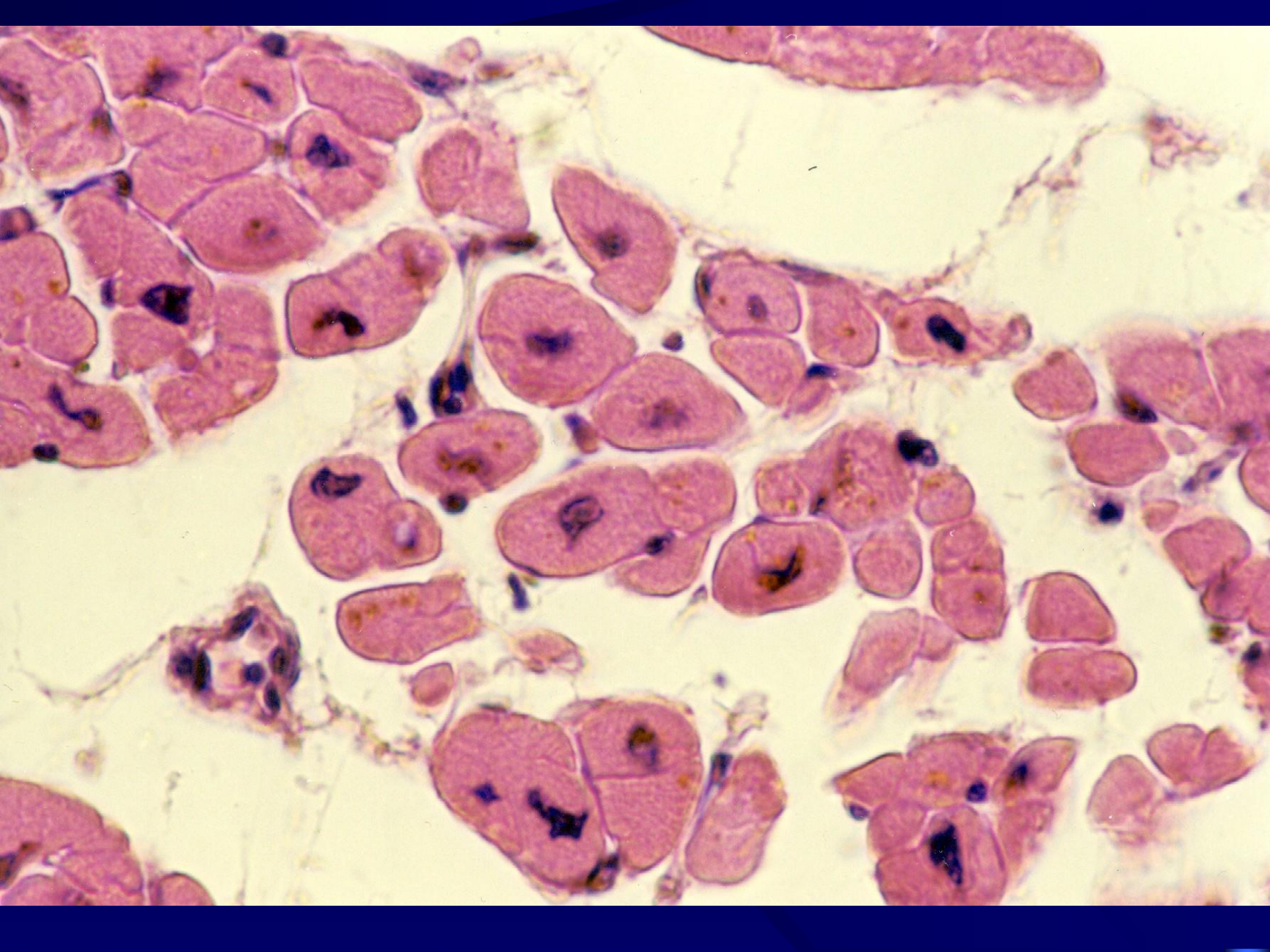
Factorul natriuretic atrial produce vasoconstricția arteriolei eferente a glomerulului renal, crescând diureza și reducând tensiunea arterială. El are acțiune antagonică sistemului renină-angiotensină - aldosteron. Este cea mai puternică substanță natriuretică endogenă cunoscută până în prezent.

Miocardocitele sunt celule înalt diferențiate care și-au pierdut **capacitatea de diviziune**. De aceea, pentru efectuarea unui lucru mecanic intens și susținut, miocardocitele se hipertrofiază. Acest proces constă în creșterea volumului celular, creșterea masei proteinelor contractile și a numărului de mitocondrii. În aceste condiții, în țesutul conjunctiv interstițial crește cantitatea de matrice extracelulară și în special crește cantitatea de collagen care, peste anumite limite reduce performanța de pompă a cordului.

La om capacitatea de regenerare a fibrelor musculare miocardice este practic nulă. De aceea repararea leziunilor rezultate din distrugerea miocardocitelor (în cardiopatia ischemică sau în infecții virale) se realizează prin proliferare conjunctivă și apariția unui țesut fibros cicatricial.







Scheletul fibros al cordului

Miocardul și țesutul conjunctiv fibros al valvulelor cardiace se inseră pe un țesut conjunctiv dens, fibros, prezent în structura cordului care formează "*scheletul fibros al cordului*".

Acesta este format din:

- **trigonul fibros** format dintr-un țesut conjunctiv dens fibros care se dispune între orificiile atrio-ventriculare și inelul de inserție al aortei și al arterei pulmonare;
- **septul membranos** prezent în grosimea septului interventricular;
- **inelele fibroase** formate din țesut conjunctiv dens care înconjoară orificiile de origine ale aortei, arterei pulmonare și orificiile atrio-ventriculare.

III. Pericardul sau tunica externă a cordului este o seroasă care protejază cordul și contribuie la ancorarea lui de organele mediastinale din jur.

Pericardul este format din două foițe:

- **pericardul seros** sau foița internă;
- **pericardul fibros** sau foița externă.

Cele două foițe se continuă la baza cordului una cu alta delimitând între ele o cavitate (cavitatea pericardică) în care se găsește o cantitate foarte mică de lichid ce favorizează mișcările cordului.

Pericardul seros sau visceral poartă numele de **epicard**. El este format, de la exterior spre interior (spre miocard) din următoarele structuri histologice:

- **mezoteliu** - un epiteliu pavimentos simplu, continuu care tapetează întregul pericard și contribuie la secreția și resorbția lichidului pericardic;
- **membrana bazală** a mezoteliului;
- **țesutul conjunctiv submezotelial** care conține vase sanguine (arterele coronare și principalele lor ramificații, venele cordului) și vase limfatice.

Pericardul fibros sau foița externă continuă la baza cordului pericardul seros. El are o structură similară cu a pericardului seros numai că țesutul conjunctiv este mai bogat în fibre de collagen inextensibile și conține mai puține vase sanguine și limfatice.

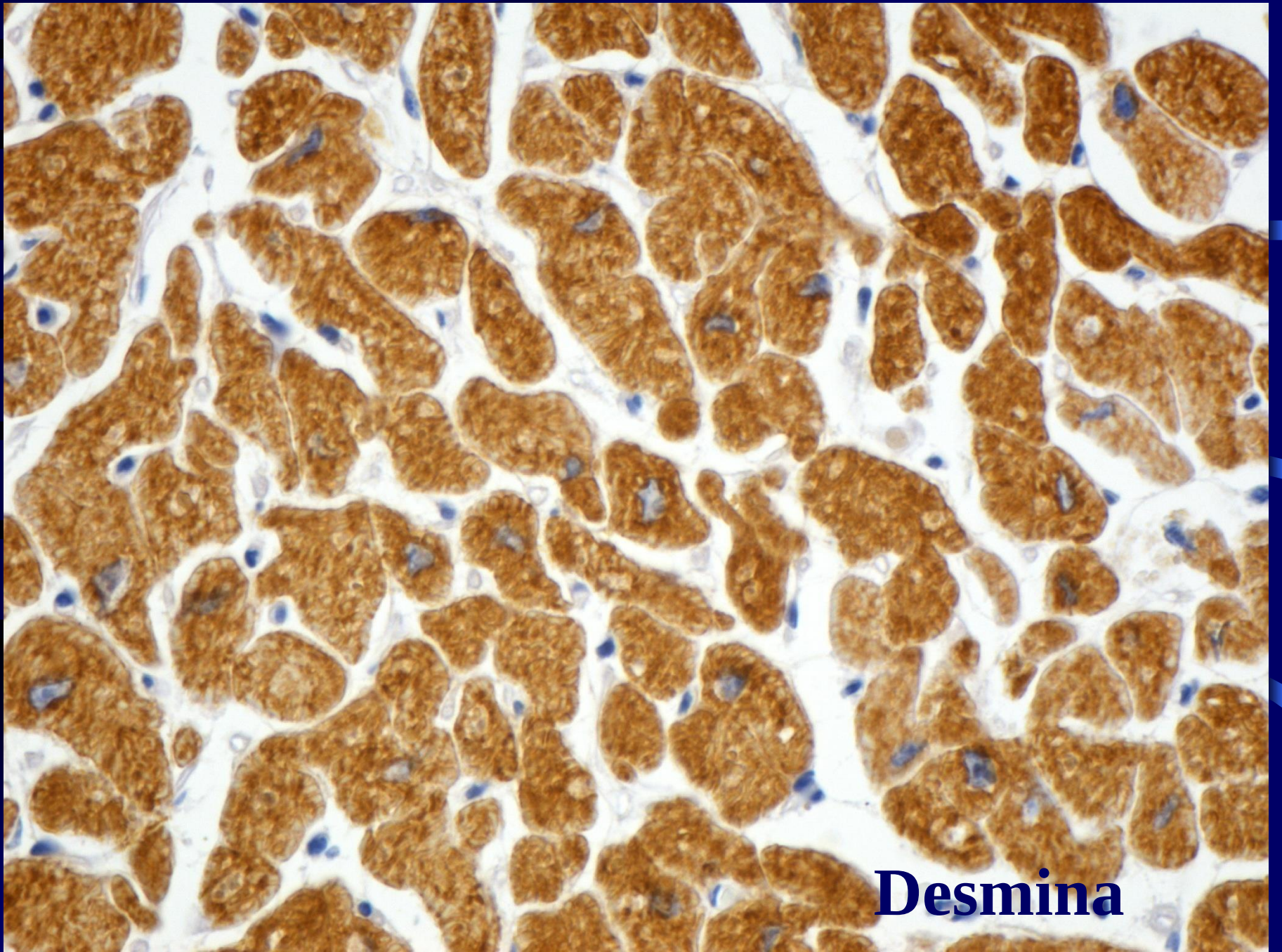
Vascularizația inimii. Inima este unul dintre cele mai vascularizate organe datorită lucrului mecanic pe care-l efectuează. Ea primește sânge arterial prin cele două **artere coronare** care se desprind de la baza aortei. Cele două artere se ramifică abundant subepicardic rezultând artere și arteriole care pătrund în miocard, generând o rețea abundentă de capilare care se dispun printre fibrele miocardice.

În grosimea musculaturii miocardice există, în afara patului de capilare, o bogată rețea anastomotică de canale neregulate care se numesc **sinusoide miocardice**. Aceste sinusoide primesc sânge de la arterele coronare și capilare și comunică cu venele coronare.

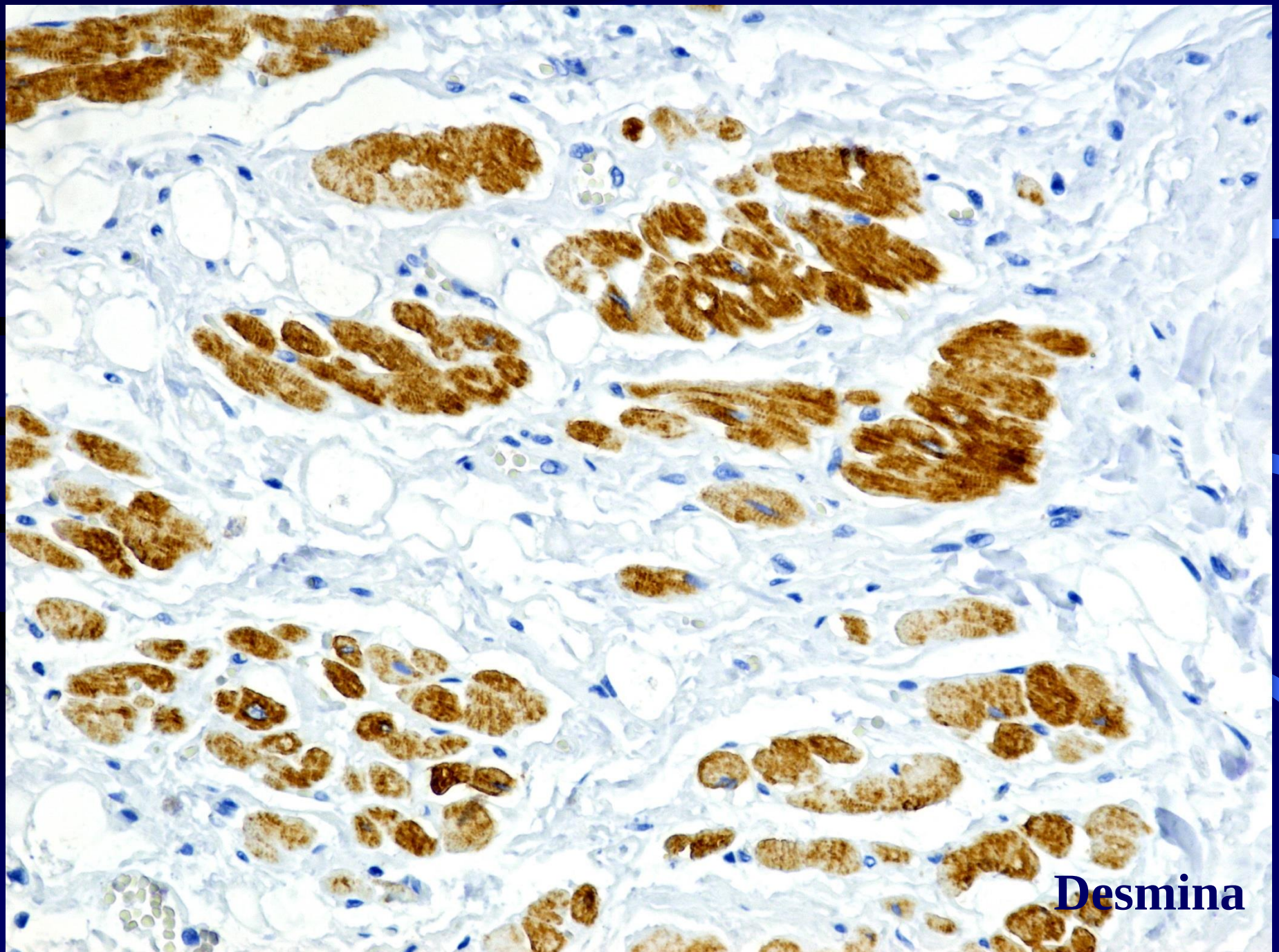
Datorită forței pe care o generează, peretele ventricular prezintă numeroase canale vasculare constând în **canale intratrabeculare** ce leagă sinusoidale miocardice de **venele tebesius**. Circulația miocardică este puternic suplinită cu asemenea canale vasculare mici, ce formează un sistem circulator intramural. Această rețea extinsă de canale, ce conduce sângele printre fibrele musculare cardiace, provine din arterele coronare și drenează o parte în venele coronare, iar o altă parte în sinusoidale miocardice, iar de aici în lumenul cavităților inimii. Legătură dintre arterele coronare și camerele cardiace se realizează prin **vasele arterioluminale**.

Între vasele inimii există numeroase anastomoze: arterio-venoase, interarteriale sau arterioluminale. Totuși aceste rețele anastomotice sunt puțin numeroase, de calibru redus, astfel că obstrucția unei artere provoacă necroza (infarctul) teritoriului pe care artera respectivă îl iriga.

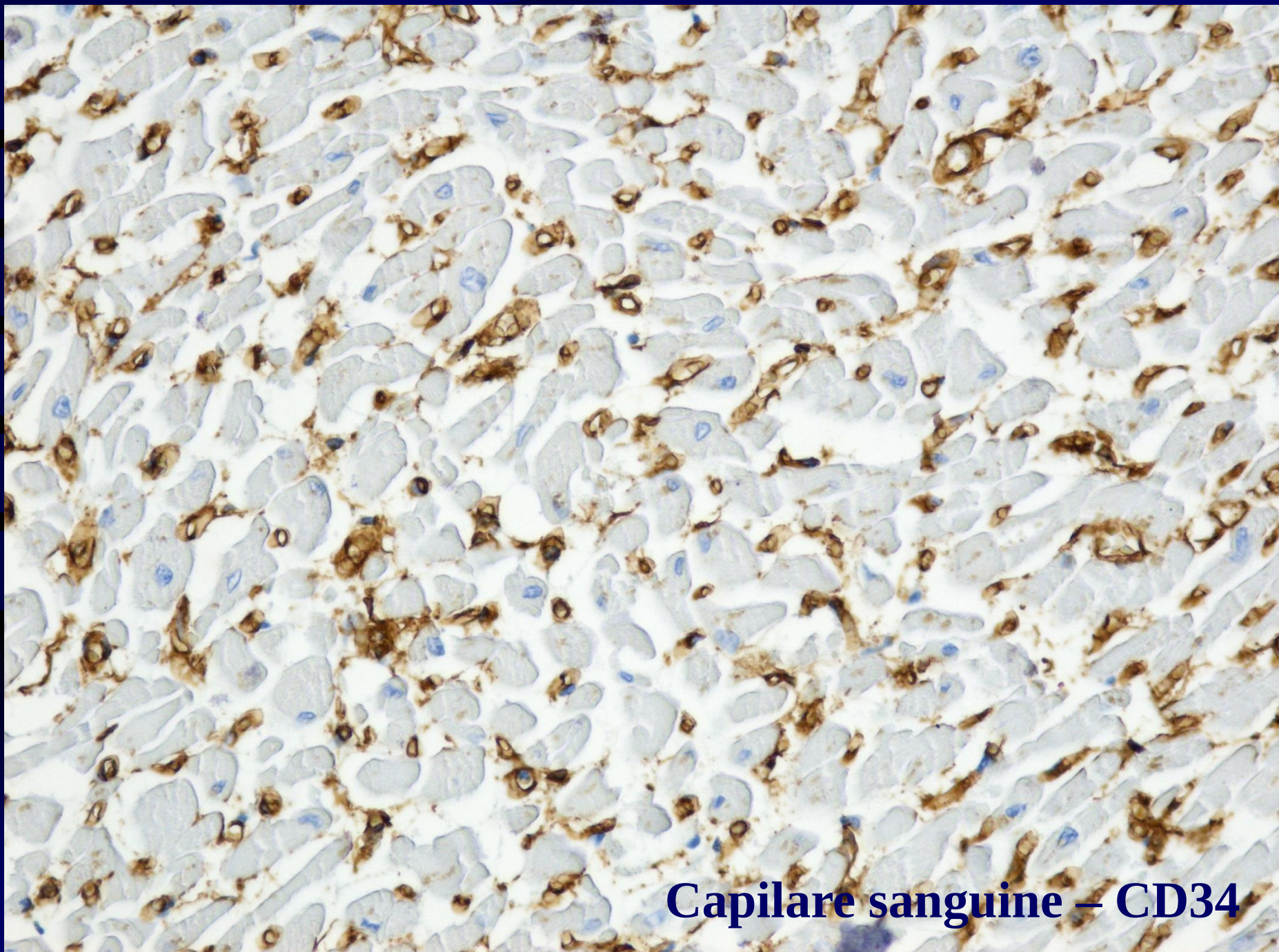
Capilarele limfatice miocardice sunt dispuse într-o rețea vastă cu capacitatea de trei ori mai mare decât a celei sangiune. Ele drenează limfa în rețeaua limfatică subepicardică.



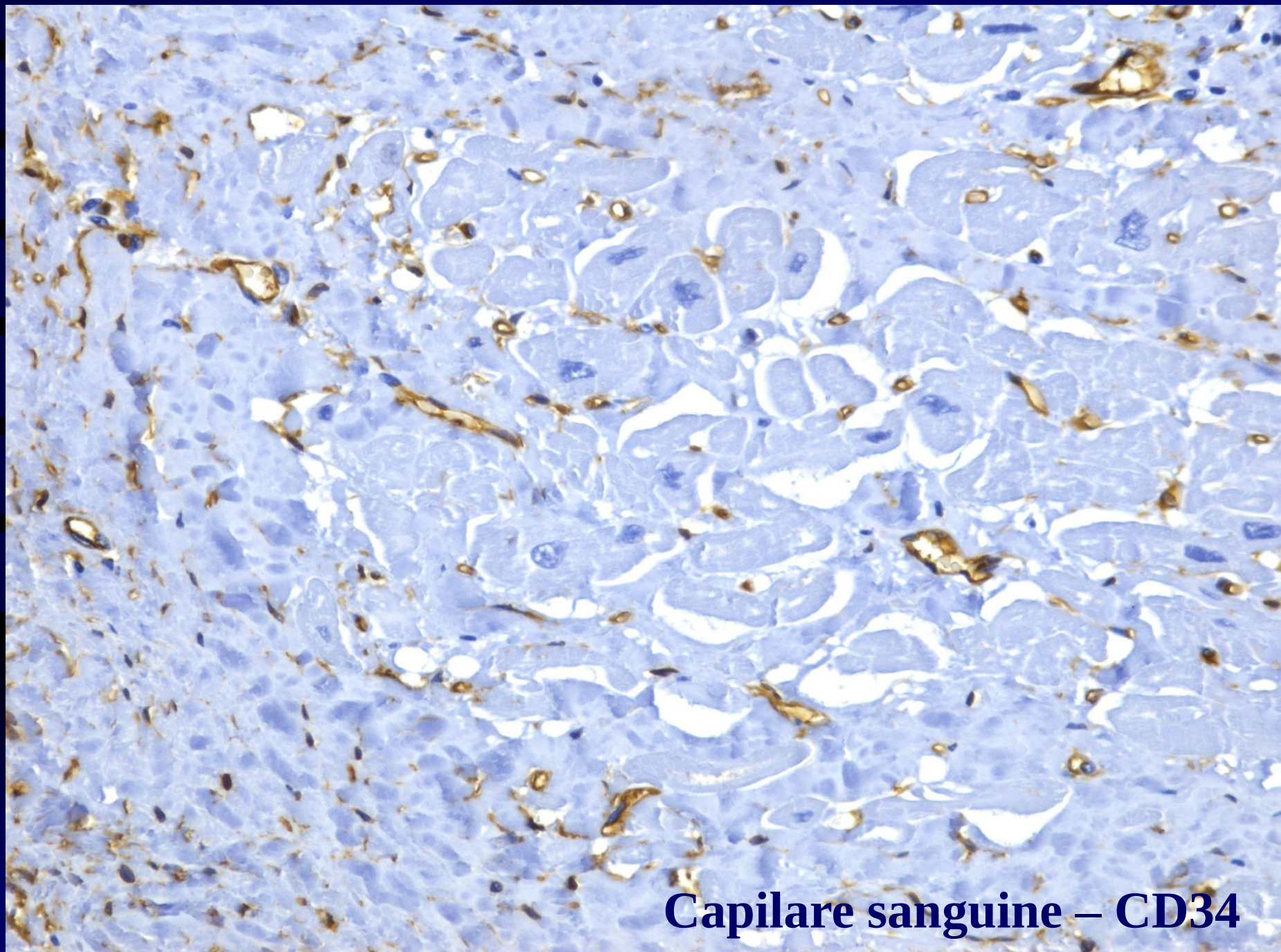
Desmina



Desmina



Capillare sanguine – CD34



Capilare sanguine – CD34

Inervația cordului

Inervația cordului este vegetativă, **simpatică** și **parasimpatică**, senzitivă și motorie. Fibrele simpatică provin din coarnele laterale ale măduvei cervico-dorsale, unde se află neuronul preganglionar al căi eferente. Neuronul postganglionar se află în ganglionul cervical superior. Fibrele sale ajung în vecinătatea nodulului sino-atrial accelerând ritmul cardiac.

Fibrele parasimpatică aparțin nervului vag. Ele determină reducerea ritmului cardiac, acționând inhibitor asupra nodulului sino-atrial.

Fibrele senzitive vagale, localizate în special la nivelul endocardului și pericardului sunt implicate în fiziopatologia durerii cardiace în cazul hipoxiei miocardice (cardiopatiei ischemice).

VASELE SANGUINE.

Sistemul circulator sanguin este format dintr-un sistem tubular închis care pornește și se întoarce la cord. După amploarea sa și mai ales după funcțiile pe care le îndeplinește, sistemul circulator sanguin este compus din două subsisteme și anume, mica și marea circulație.

Mica circulație începe cu artera pulmonară, a cărei origine este la baza ventriculului drept se continuă cu arterele pulmonare (dreaptă și stângă) care, la rândul lor, se ramifică arborescent în plămâni, până la arteriole și capilare pulmonare. Ele duc la plămâni sânge de tip venos (încărcat cu CO₂). După ce se realizează hematoză sângele se întoarce la cord prin vase de tip venos. În final rezultă patru vene pulmonare care transportă în atriul stâng sânge de tip arterial (încărcat cu O₂).

Marea circulație începe cu artera aortă. Ea are originea în ventriculul stâng. Aorta dă numeroase ramificații, care la rândul lor se ramifică în arteriole și capilare prin care sângele nutritiv ajunge la organe și țesuturi. De la organe sângele se întoarce la cord prin vene care confluează în cele două vene cave (superioară și inferioară)

Din punct de vedere structural, vasele de sânge, cu excepția capilarelor, prezintă în structura peretelui lor, de la interior spre exterior, trei tunici concentrice:

- tunica internă sau intima;
- tunica mijlocie sau media;
- tunica externă sau adventicea.

Aspectul histologic al vaselor sanguine diferă în funcție de tipul de vas, de calibrul lui și de funcția pe care o îndeplinește.

I. Arterele sunt vasele sanguine care transportă sângele de la cord la țesuturi. Peretele arterelor prezintă variații structurale datorită faptului că circulația arterială, în porțiunea sa inițială trebuie să facă față variațiilor presionale ale fluxului sanguin, iar în porțiunea terminală să intervină în reglarea fluxului sanguin.

După **diametrul** lor, arterele se clasifică în:

- artere de calibru mare;
- artere de calibru mijlociu;
- artere de calibru mic sau arteriole;

După **aspectul structural** al tunicii medii arterele se clasifică în.

- artere de tip elastic;
- artere de tip muscular;
- artere intermediare.

Arterele de tip muscular sunt cele mai numeroase. În funcție de calibrul lor și de grosimea peretelui aceste artere se clasifică în:

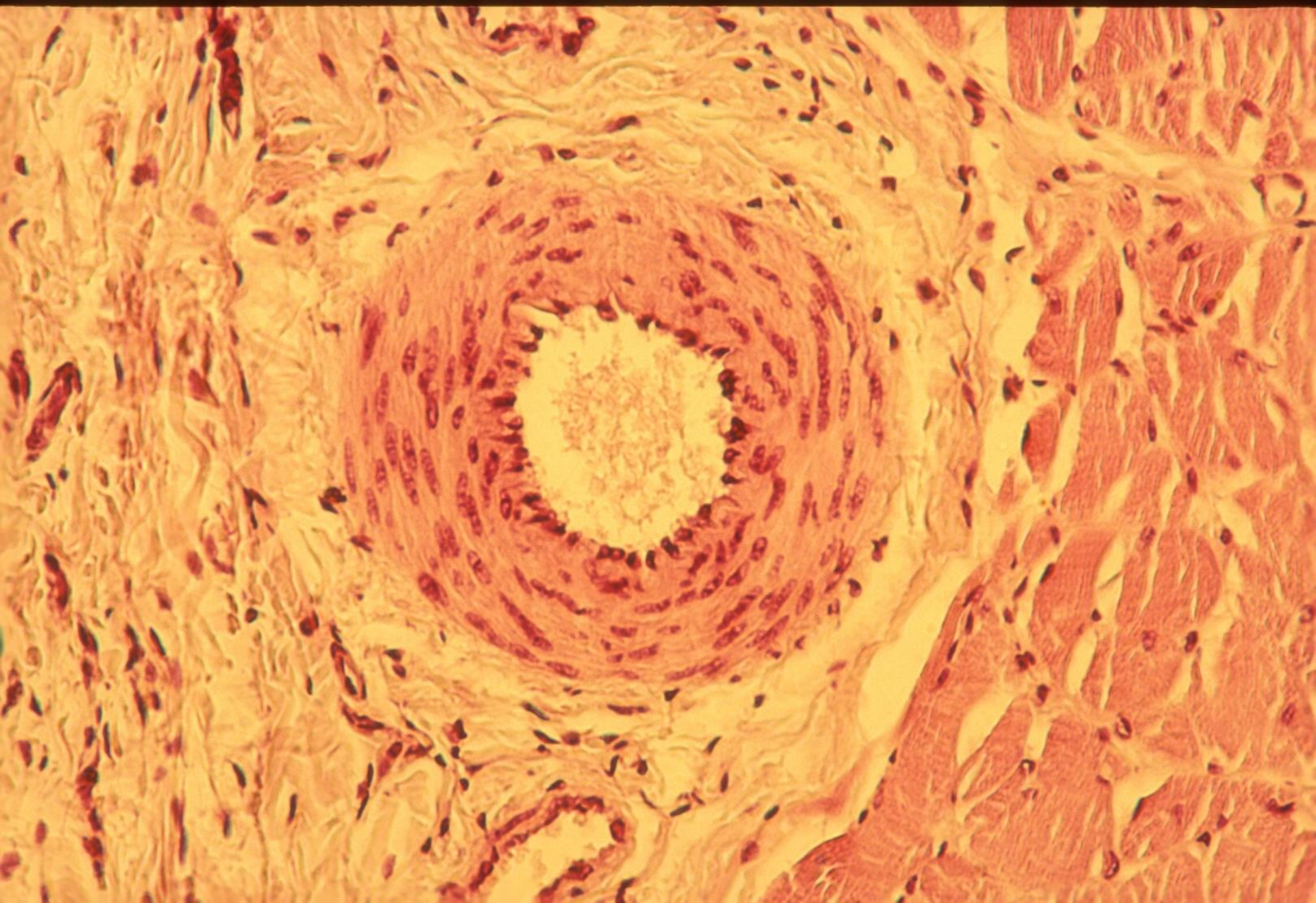
- artere mari : femurala, tibiala, humerala, radiala;
- artere mijlocii: (ramificațiile primelor vizibile cu ochiul liber);
- artere mici sau arteriole.

Tunica internă a arterelor de tip muscular este formată din: **endoteliu, membrana bazală și endartera.**

Endoteliul este reprezentat de un epiteliu simplu pavimentos, continuu, așezat pe o membrană bazală, de asemenea continuă. Celulele endoteliale se jonctionează strâns între ele, dar și cu membrana bazală. Ele prezintă numeroase prelungiri digitiforme. Endartera se găsește sub membrana bazală și este formată din țesut conjunctiv bogat în fibre colagene, elastice și de reticulină. Printre fibre se găsește substanță fundamentală bogată în glicoproteine și rare celule conjunctive, în special fibroblaste. Endartera este separată de tunica medie printr-o **limitantă elastică internă.**

Tunica medie este mult mai groasă decât tunica internă. Ea este formată din fibre musculare netede dispuse concentric sau spiralat, strâns unite unele de altele. La periferia tunicii medii se află o **limitantă elastică externă**, mai puțin dezvoltată decât cea internă.

Adventicea sau tunica externă este formată din țesut conjunctiv lax în care se găsesc numeroase vase sanguine și terminații nervoase libere.

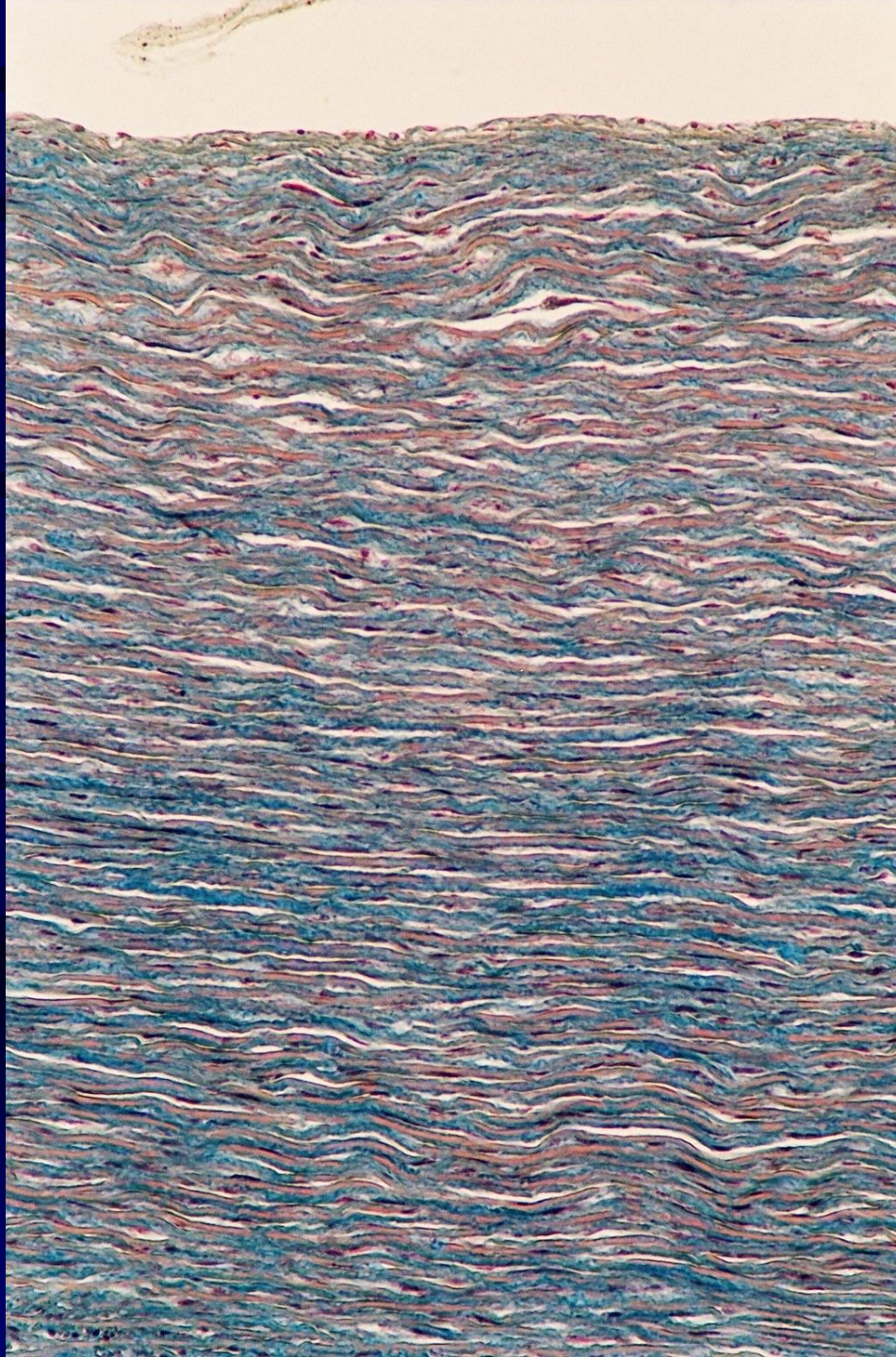


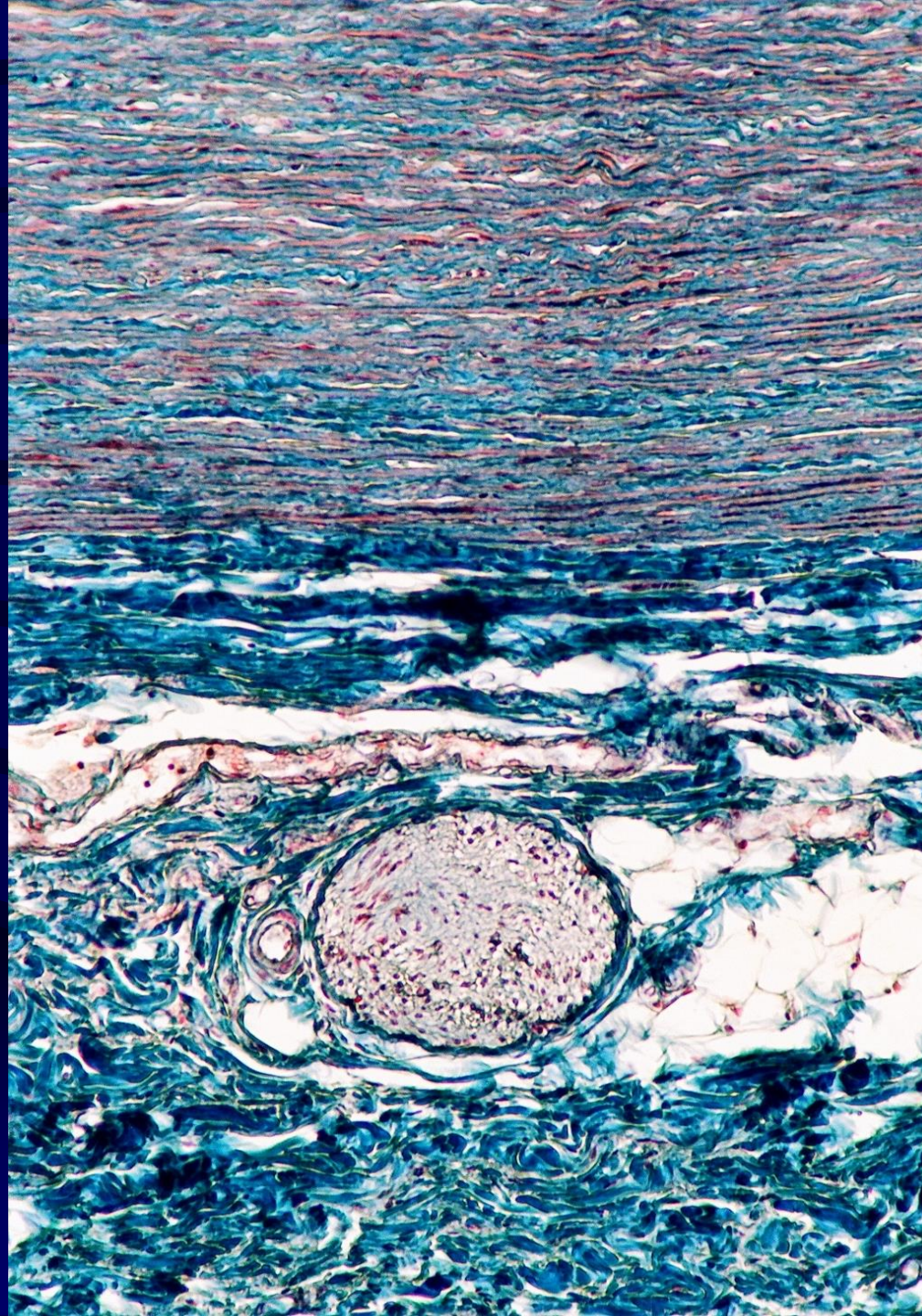
Arterele de tip elastic sunt reprezentate de aortă și principalele ei ramuri și de artera pulmonară și ramurile principale ale acesteia.

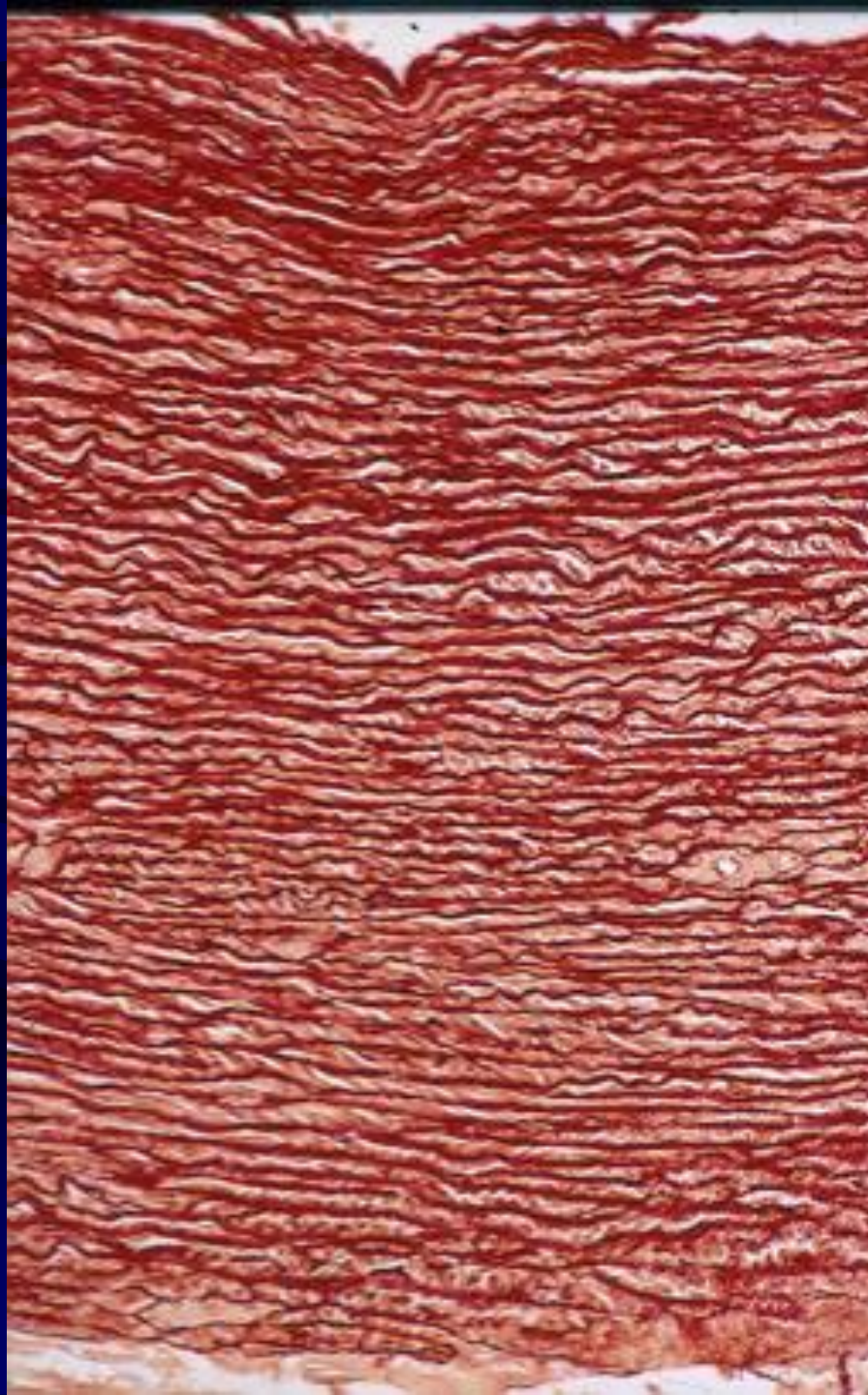
Tunica internă sau intima are o structură microscopică asemănătoare cu cea a arterelor de tip muscular (endoteliu, membrana bazală, endarteră), dar este mai bine dezvoltată. Limitanta elastică internă este subțire și se distinge greu de primele lamele elastice ale tunicii medii.

Tunica medie este cea mai dezvoltată structură. Ea este alcătuită din lamele elastice fenestrate dispuse concentric, paralele, unite între ele prin fibre elastice subțiri, fibre colagene fine, fibre musculare netede și rare fibroblaste. Prin bogăția în țesut elastic lamelar și fibre colagene dispuse pe liniile de forță, se crează o structură foarte elastică și în același timp foarte rezistentă la presiunea sanguină.

Tunica externă sau adventicea este bine reprezentată fiind formată din țesut conjunctiv lax în care se găsesc vase de sânge (vasa vasorum) și prelungiri nervoase care pot alcătui plexuri (plexul aortic).







Arteriiolele se ramifică în vase de calibru mai mic, numite **metarteriiole**, în peretele cărora există un strat discontinuu de fibre musculare netede. Acestea se ramifică dând capilare care realizează rețele anastomotice în țesuturi și organe. Constricția metaarteriiolelor ajută la reglarea circulației capilare, dar nu opresc definitiv fluxul sanguin în acestea. Ele mențin o diferență de presiune între cele două capete ale sistemului capilar (capul arterial și cel venos).

La locul de desprindere al capilarului din metarteriiole există un singur strat de fibre musculare netede dispuse circular, care constituie **sfincterul precapilar**. Acest sfincter poate opri complet fluxul sanguin în capilarul respectiv. Reglarea activității sfincterului precapilar este asigurată în special de pH-ul tisular local. Acumularea de CO_2 în țesuturi duce la apariția H_2CO_3 prin combinarea CO_2 cu H_2O , scăderea pH-ului și deschiderea sfincterului precapilar până la normalizarea pH-ului.

II. Capilarele sanguine prezintă variații structurale care permit diferite gradiente de schimburi metabolice dintre sânge și țesuturi.

În structura capilarelor obișnuite (tipice) se disting următoarele structuri microscopice:

- endoteliu;
- membrana bazală;
- periteliu.

Capilarele sunt formate dintr-un singur rând de celule endoteliale de origine mezenchimală dispuse coronar în formă de tub. Diametrul unui capilar este redus, variind între 7 și 9 μm . Lungimea sa variază între 0,25 și 1 mm. În unele cazuri, medulara renală de exemplu, capilarele pot ajunge la 50 mm lungime. Lungimea totală a capilarelor din organismul uman a fost apreciat la 96 000 km.

În secțiune transversală peretele său este format din una sau mai multe celule. Suprafața externă a acestor celule este așezată pe membrana bazală, un produs al celulelor endoteliale.

În general **celulele endoteliale** sunt poligonale având o suprafață de 10 x 30 μm când sunt văzute din față; ele apar alungite în direcția fluxului sanguin. Nucleul celulei proemină în lumenul capilarului. Complexul Golgi este prezent în cantitate mică la un pol al nucleului. Câteva mitocondrii, ribozomi și rare cisterne ale reticulului endoplasmic se pot observa. Prezența unor microfilamente abundente în citoplasma celulelor endoteliale a demonstrat posibilitatea de a se contracta a celulelor endoteliale.

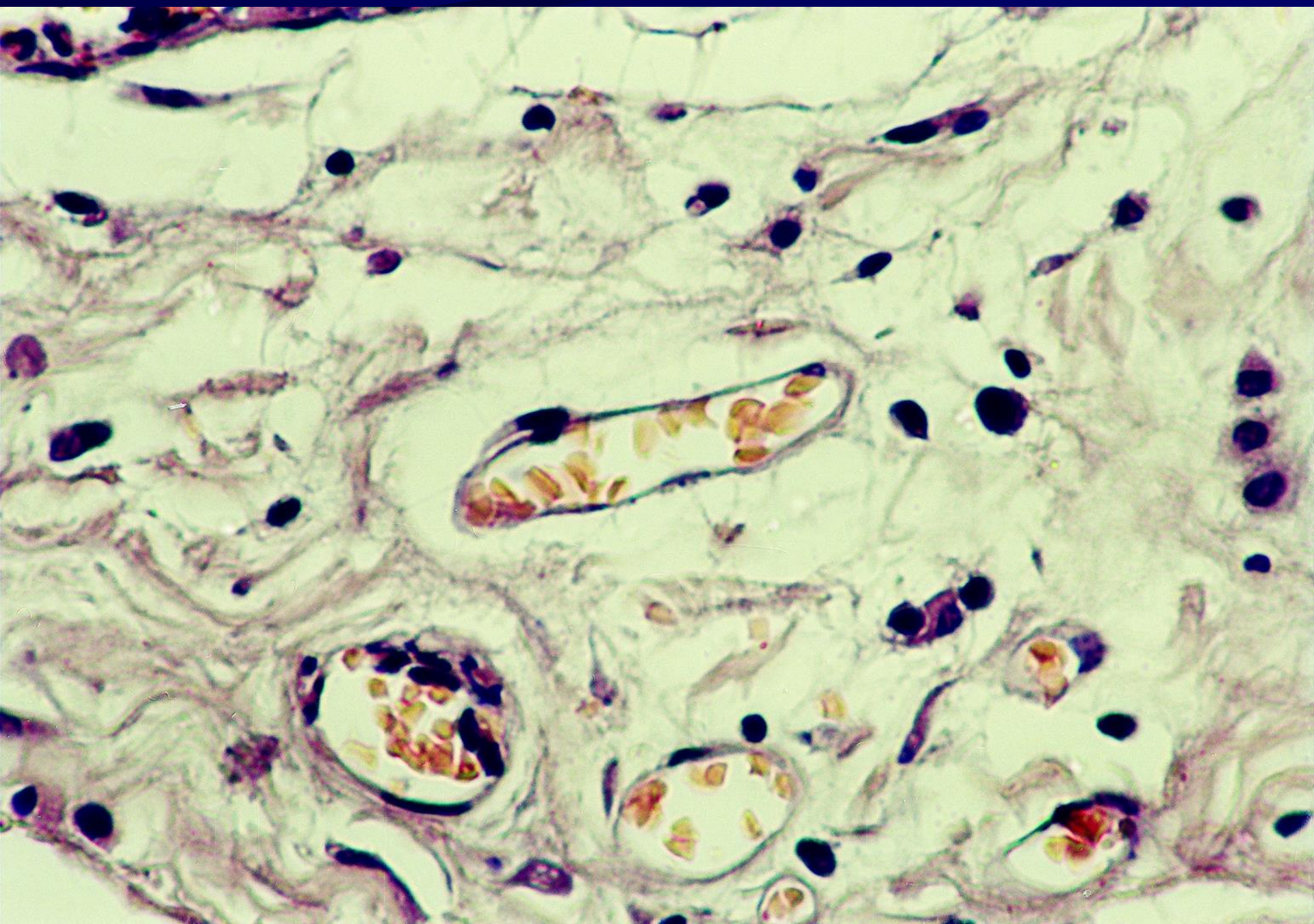
Celulele endoteliale se jonctionează între ele prin zonule ocludens și joncțiuni de tip gap. Zonulele ocludens, prezente între mai toate celulele endoteliale au un rol important în reglarea permeabilității capilarului pentru unele macromolecule, atât în stări fiziologice cât și patologice.

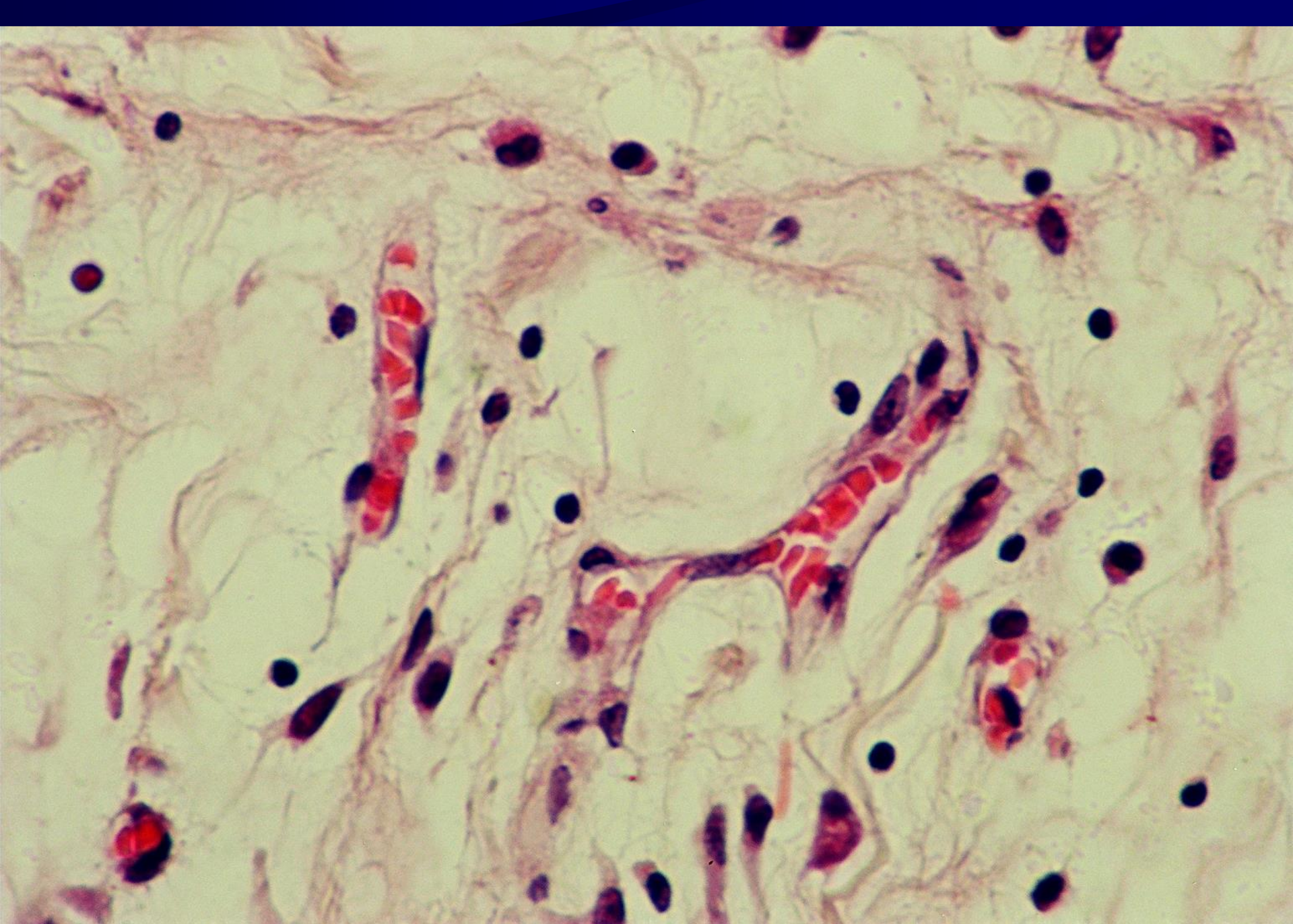
Pericitele (Gr. *peri-* în jur; *kytos*-celulă) sunt celule mezenchimale cu prelungiri citoplamatice lungi care înconjoară parțial celulele endoteliale. Sunt prezente din loc în loc de-a lungul capilarelor și venelor mici. Incluse într-o dedublare a membranei bazale, pericitele au un mare potențial de transformare în alte celule. Prezența în citoplasma acestora a unor cantități crescute de miozină, actină și de tropomiozină a sugerat ideea că aceste celule ar avea și o funcție contractilă. În cazul unor traumatisme locale pericitele proliferază și se diferențiază pentru a forma noi vase sanguine sau alte celule ale țesutului conjunctiv care participă la procesele reparatorii.

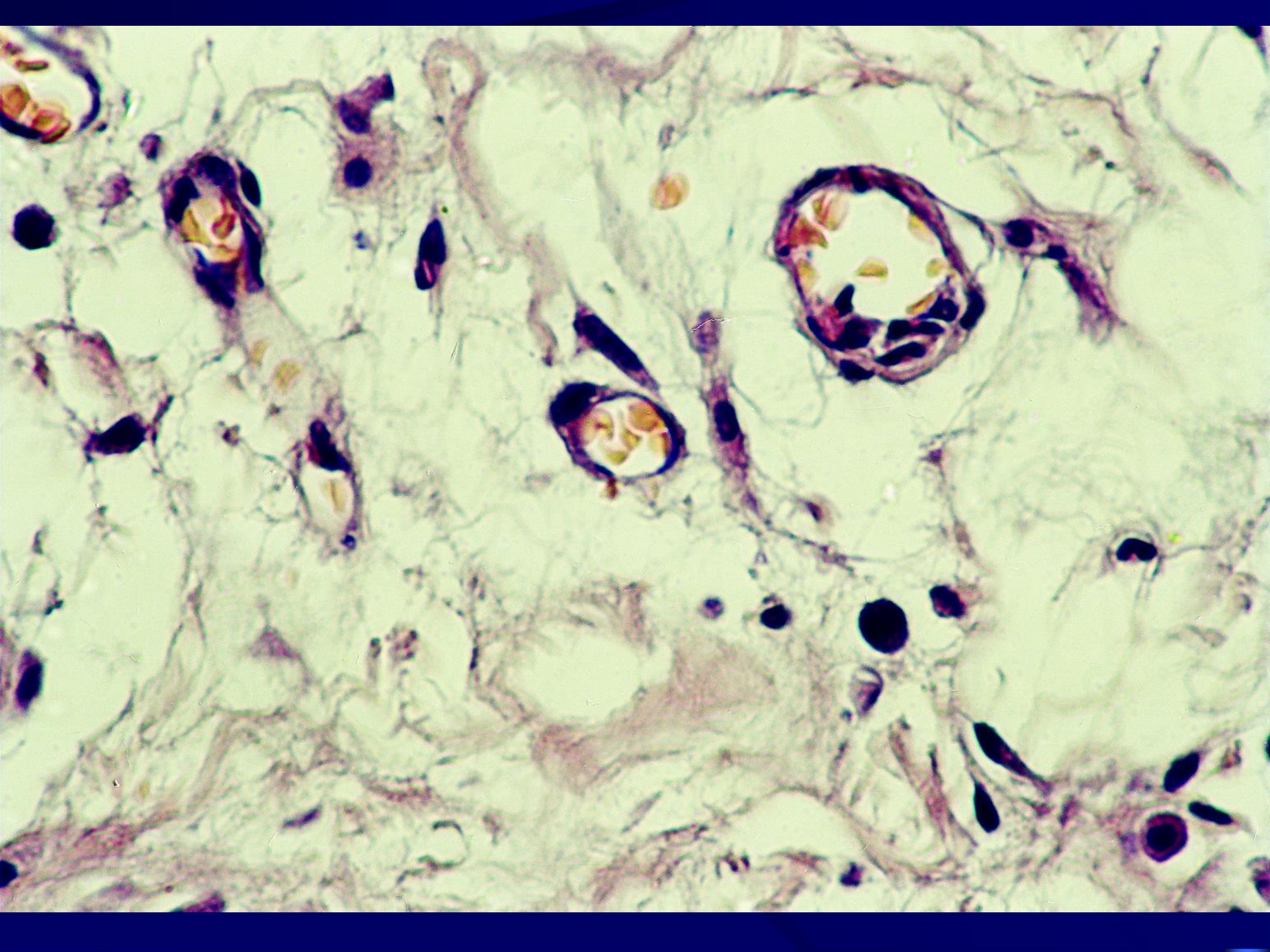
Capilarele sunt de mai multe tipuri:

- capilare tipice
- capilare atipice:
 - fenestrate;
 - sinusoide.

Capilarele tipice sunt cele mai numeroase din organism. Se găsesc în musculatura scheletică, țesutul nervos, țesutul conjunctiv, glande exocrine, etc. Peretele lor este format dintr-un endoteliu continuu, în care celulele se jonctionează între ele prin interdigitații, zonule ocludens și macule aderens. În citoplasma celulelor se găsesc numeroase vezicule de pinocitoză cu un diametru de circa 70 nm care sunt responsabile de transportul unor macromolecule atât din capilar spre țesutul înconjurător cât și invers. Membrana bazală este de asemenea continuă. La periferia capilarului se găsesc numeroase pericite.







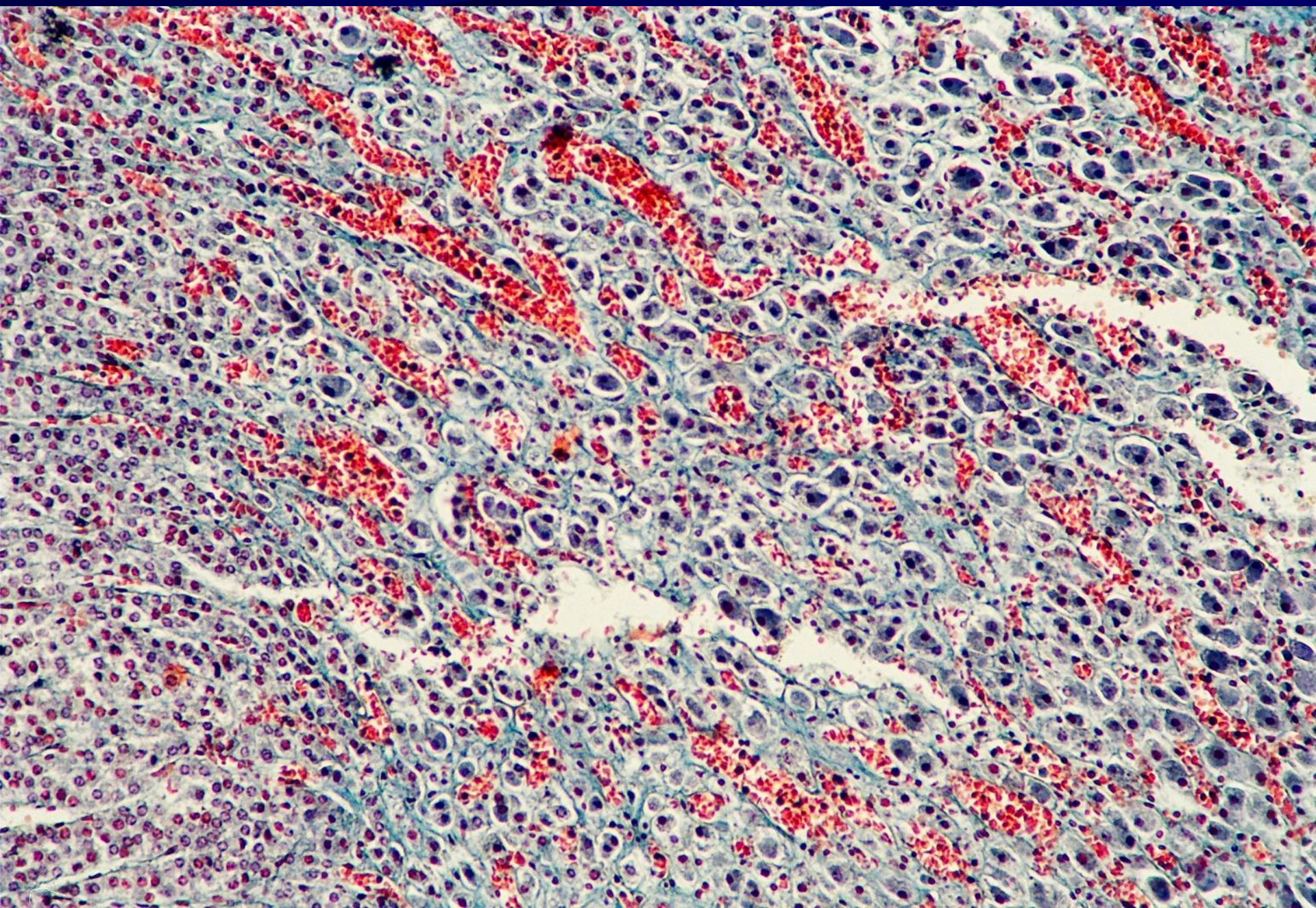
Capilarele fenestrate se caracterizează prin prezența unor fenestrații în peretele celulelor endoteliale. Aceste fenestrații au diametrul de 60-80 nm și sunt, sau nu, acoperite de diafragme. Diafragmele sunt mai subțiri decât membrana celulară și nu au structura trilaminată a acesteia. Membrana bazală este prezentă, având aceeași structură ca la capilarele tipice. Periteliul poate fi prezent sau poate lipsi.

Capilarele fenestrate se întâlnesc în organe cu schimburi rapide de substanțe între sânge și țesuturi ca: rinichi, intestin, glandele endocrine. Fenestrațiile reprezintă un mecanism de transport mai important decât transportul prin pinocitoză.

Unele capilare nu au membrane obturante la nivelul fenestrațiilor, astfel că elementele plasmatică vin în contact direct, prin intermediul fenestrațiilor, cu membrana bazală a epiteliului. Acest tip de capilare este caracteristic glomerulului renal.

Capilarele sinusoide au lumenul și traiectul neregulat; diametrul acestora ajunge la 30-40 μm ceea ce face ca viteza de circulație a sângelui să se reducă foarte mult. Endoteliului este discontinuu datorită faptului că celulele endoteliale lasă spații largi între ele. În peretele capilarului sau pericapilar se identifică macrofage care participă la formarea peretelui capilar; unele macrofage trimit doar prelungiri pseudopodice în lumenul capilarului pentru a capta structurile antigenice prezente în sânge. Membrana bazală este, de asemenea, discontinuă. Periteliul lipsește.

Capilarele sinusoide se găsesc în special în ficat, medulosuprarenală, splină, măduva osoasă roșie.



Rețeaua de capilare nu este totdeauna funcțională simultan; numărul capilarelor funcționale sau în repaus depinde nu numai de constricția metarteriolară, dar și de anastomozele arterio-venoase și de starea de repaus sau de funcționalitate a organului.

Circulația capilară este controlată și prin stimuli nervoși, umorali și hormonal.

Rețele bogate în capilare se găsesc în țesuturi și organe metabolic active ca: rinichi, ficat, miocard, țesutul muscular scheletic, iar rețele mai puțin bogate în capilare se găsesc în țesutul muscular neted, țesutul conjunctiv dens etc. Suprafața totală a capilarelor din organismul uman a fost apreciată la circa 6000 m², iar suprafața totală de secțiune a acestora este de 800 de ori mai mare decât a aortei. Fluxul sanguin în aortă este de circa 320 mm/sec, iar în capilare de circa 0,3 mm/sec.

Funcțiile capilarelor.

Capilarele au cel puțin trei funcții:

- funcția de barieră cu permeabilitate selectivă;
- funcția de sinteză și metabolizare a diferitelor substanțe organice;
- funcția antitrombogenică.

Principala funcție a capilarelor este aceea de a permite schimburile selective dintre sânge și țesuturile din jur. La acest nivel sunt transferate din sânge în țesuturi sau invers oxigenul, CO₂, diverși metaboliți, ioni, enzime, vitamine, hormoni etc. Transferul de metaboliți prin peretele capilarului este facilitat de:

- discontinuitățile peretelui capilar (la capilarele sinusoidale);
- fenestrațiile celulelor endoteliale (la capilarele fenestrate);
- prin pinocitoză.

Moleculele hidrofile sau hidrofobe mici (glucoza, oxigenul, dioxidul de carbon) pot difuza din lumenul capilarului prin plasmalema celulei endoteliale în interiorul acesteia, iar de aici pot fi transportate în spațiul extracelular. Mecanismele de transport transmembranar pot fi **pasive**, fără consum de energie (prin difuziune) sau pot fi **active**, cu consum de energie, prin intervenția unor transportori specifici.

Permeabilitatea capilarelor poate fi mult crescută în infecții, procese inflamatorii, procese imunoalergice, prin acțiunea unor amine biogene (histamina, bradikinină).

Funcția metabolică. Celulele capilarelor endoteliale pot metaboliza o mare varietate de substanțe endogene și exogene prin:

- **inactivare** (transformă unele substanțe biologice active în compuși inactivi): bradikina, serotonina, prostaglandinele, trombina, noradrenalina, etc.
- **activare** - transformă angiotensina I în angiotensină II.
- **lipoliză** - scindează lipoproteinele cu ajutorul enzimelor de pe suprafața celulelor endoteliale în trigliceride (sunt utilizate ca sursă de energie) și colesterol (este utilizat pentru sinteza hormonilor sterolici sau a unor componente ale membranelor celulare).
- celulele endoteliale produc câteva substanțe cu efect asupra tonusului vascular; de exemplu: **endotelinele** (sunt agenți vasoconstrictori) și **oxidul nitric** (substanță vasodilatatoare).

Funcția antitrombogenică. Când celulele endoteliale se descuamează, țesutul conjunctiv al membranei bazale poate induce aderarea plachetelor sanguine la peretele capilar cu formarea unor agregate de elemente figurate numite **trombi**. Aceștia pot crește în dimensiuni și pot obstrua lumenul vascular. Pentru a preveni acest fenomen, celulele endoteliale elaborează **factori antitrombogenici**.

III. Venele

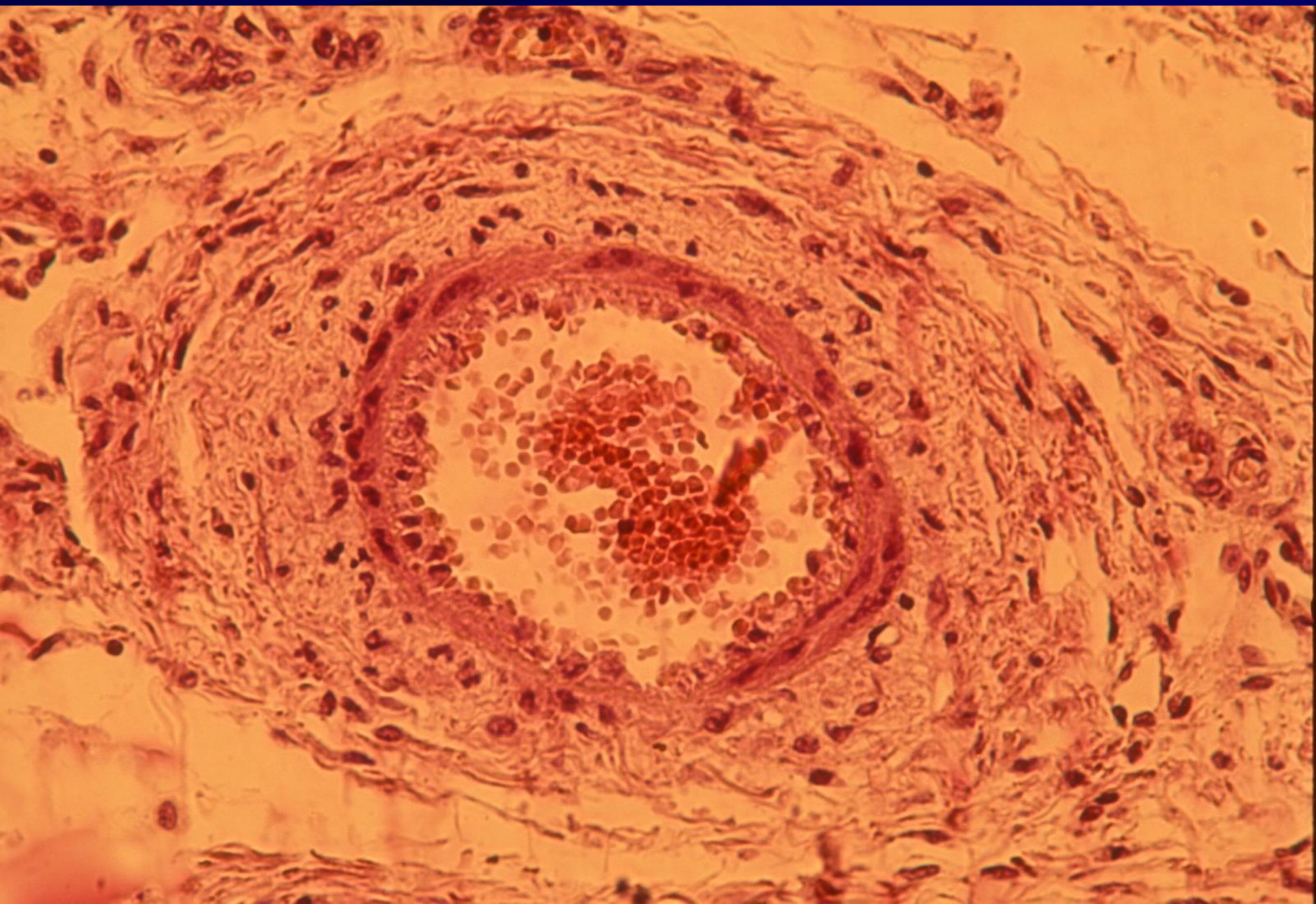
Venele sunt vasele sanguine care colectează sângele încărcat cu produși de catabolism de la nivelul rețelei capilare și-l transportă la inimă. Datorita faptului că presiunea sanguină este mică și circulația lentă, pereții venelor sunt mai subțiri și mai săraci în celule musculare și fibre elastice, iar lumenul acestora este mai larg. Spre deosebire de arterele omonime, venele prezintă o tunică medie slab dezvoltată, limitantele elastice lipsesc sau sunt slab dezvoltate, iar adventicea este cea mai dezvoltată tunică.

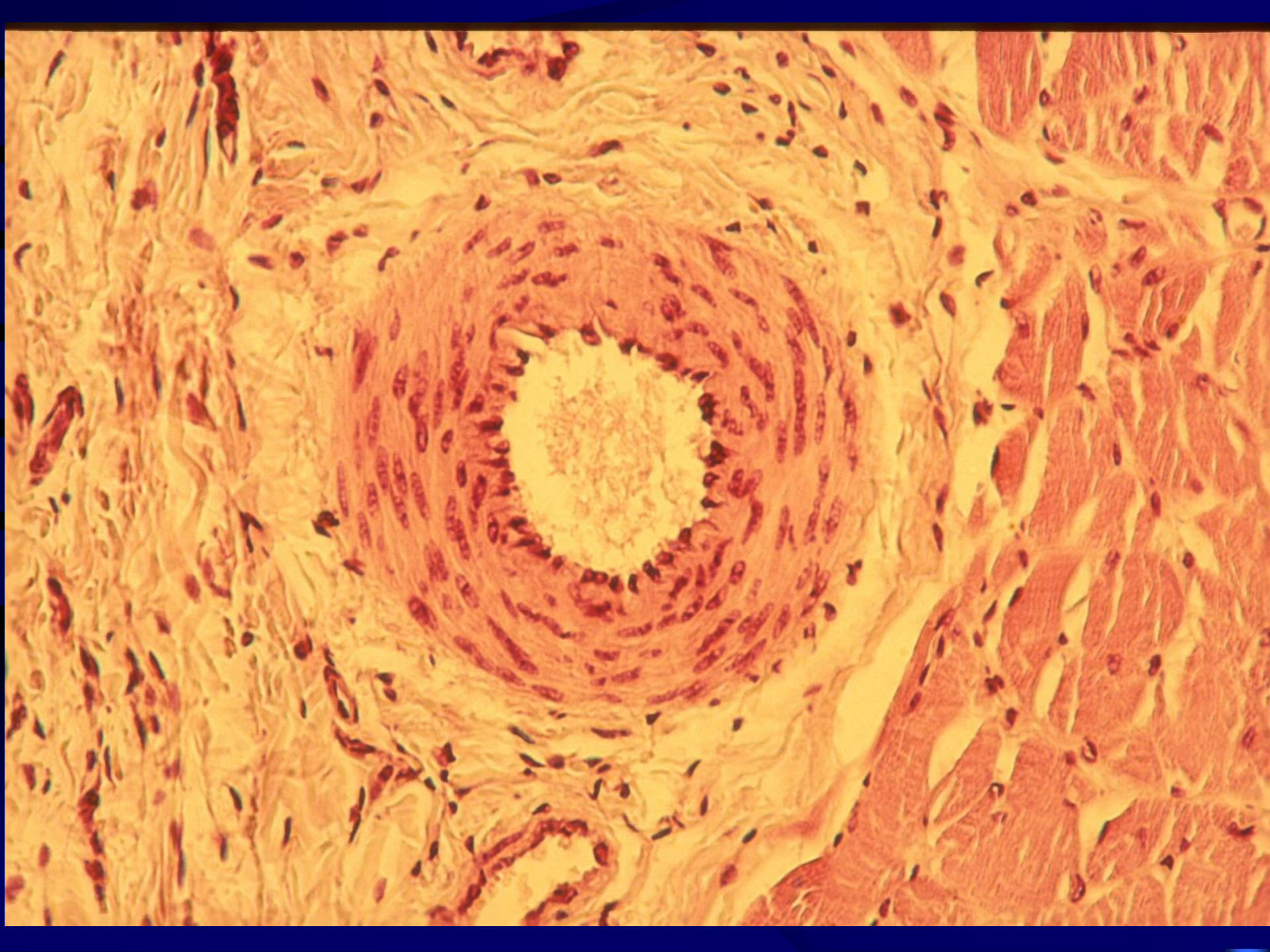
Deși venele prezintă variații structurale mari, peretele lor prezintă același plan de organizare structurală ca și arterele. El este format din trei tunici concentrice:

- tunica internă sau intimă;
- tunica mijlocie sau media;
- tunica externă sau adventicea.

Tunica internă este alcătuită dintr-un **endoteliu**, așezat pe **membrana bazală** continuă și o **endovenă**. Endovena este formată dintr-o lamă de țesut conjunctiv lax. Ea este separată de tunică medie (la venele de calibru mai mare) de o limitantă elastică internă.

Venele infracardiace prezintă **valvule venoase**. Aceste structuri au rolul de a favoriza circulația de întoarcere, opunându-se curgerii sîngelui în sens gravitațional. Ele sunt formate dintr-un ax central format din țesut conjunctiv bogat în fibre de collagen, acoperit pe ambele fețe de endoteliu. Modificarea structurii peretelui venos sau insuficiența valvulelor venoase duce la apariția insuficienței venoase cronice, caracterizate prin staza sîngelui în venele membrelor inferioare, dilatarea moniliformă a acestora și **formarea varicelor hidrostatice**.





Sistemul circulator limfatic. Este mai puțin structurat decât sistemul vascular sanguin. El are rolul de a colecta o parte a lichidului interstițial și a limfei și de a le drena în sistemul venos.

Sistemul circulator limfatic este format din:

- capilare limfatice;
- vase limfatice;
- trunchiuri limfatice: canalul toracic, marea venă.

Capilarele limfatice încep în țesuturi "în fund de sac". Ele apar la microscop ca niște fisuri de calibru neregulat, cu aspect sinuos, cu diametrul de circa 20-100 microni. Capilarele limfatice, similare cu cele sanguine, formează rețele anastomotice. Ele sunt formate dintr-un endoteliu continuu așezat pe o membrană bazală bogată în fibre de reticulină și glicozaminoglicani de asemenea continuă. Nu are periteliu. Capilarele limfatice confluează în vase limfatice.

Vasele limfatice prezintă o structură histologică asemănătoare venelor de același calibru. Pereții sunt mai subțiri și cu structură predominant conjunctivo-fibroasă. Peretele lor prezintă trei tunici concentrice: intima, media și adventicea.

Vasele limfatice prezintă pe traiectul lor valvule, asemănătoare valvulelor venoase și ganglioni limfatici.

