

## Capitolul XV

### SISTEMUL CARDIOVASCULAR

Din sistemul cardiovascular fac parte *inima, vasele sanguine și limfatice*. Vasele sanguine și inima asigură circulația sîngelui în organism, a substanțelor nutritive și biologice active, gazelor, produselor metabolismului.

#### VASELE SANGUINE

Vasele sanguine reprezintă un sistem de **conducte închise, cu un calibru variabil, care îndeplinesc funcția de transport, de asigurare cu sînge a organelor și participă la metabolismul dintre sînge și țesuturile înconjurătoare.**

**Dezvoltarea.** Primele vase sanguine apar în mezenchimul sacului vitelin la finele săptămînii a doua și începutul celei de a treia a embriogenezei, precum și în peretele corionului, în componența așa-numitelor insule sanguine. Unele celule mezenchimale de la periferia insulelor pierd legătura cu celulele situate în partea centrală și se transformă în celule endoteliale ale vasului sanguin primar. Celulele din partea centrală a insulei se rotunjesc și se transformă în celule sanguine. Din celulele mezenchimale, care înconjoară vasul, mai tîrziu se diferențiază celulele musculare netede, pericitele și celulele adventițiale ale vasului, precum și fibroblastele ce sintetizează substanța intercelulară.

În corpul embrionului apar vasele sanguine primare, sub formă de tuburi și spații fisurale, care se formează din mezenchim și celulele cărora dau naștere tuturor elementelor peretelui vasului sanguin. La sfîrșitul săptămînii a treia de dezvoltare intrauterină, vasele corpului încep să comunice cu vasele organelor extraembrionare. Dezvoltarea de mai departe a peretelui vascular are loc după ce începe circulația sîngelui sub influența condițiilor hemodinamice (tensiunea arterială, viteza curentului sanguin), ce se creează în diferite părți ale corpului. Aceste împrejurări contribuie la apariția unor particularități specifice în structura pereților vaselor intra- și extraorganice. În procesul restructurării vaselor primare în embriogeneză, o parte din ele se reduc.

**Clasificarea și caracteristica generală a vaselor.** În sistemul sanguin distingem *artere, arteriole, hemocapilare, venule, vene, anastomoze arteriolo-venulare*. Pînă la mijlocul secolului XX în angiologie doar hemocapilarele erau considerate drept unic zvenou, ce formau legătura între artere și vene. Însă, precum s-a dovedit mai tîrziu, legătura reciprocă dintre artere și vene este realizată printr-o rețea de vase, care formează *patul microcirculator* și include nu numai capilare, dar și artere și vene foarte mici, anastomoze arteriolo-venulare (vezi mai jos).

Prin artere sîngele circulă de la inimă spre organe. De regulă, acest sînge este bogat în oxigen, cu excepția arterei pulmonare, care vehiculează sînge venos. Prin vene sîngele circulă spre inimă și conține o cantitate mică de oxigen, în afară de sîngele venelor pulmo-

**Des. 143.** Aorta omului: secțiune transversală (microfotografie).

I— tunica internă; II— tunica medie; III— tunica externă. 1— endoteliu; 2— stratul subendotelial; 3— membranele elastice; 4— celule musculare netede; 5— vasele vaselor.

nare. Hemocapilarele unesc sistemul arterial al circuitului sanguin cu cel venos, cu excepția așa-numitelor *rețele mirabile* (rete mirabile), în care capilarele se situează între două vase de același tip (exemplu în glomerulii rinichiului).

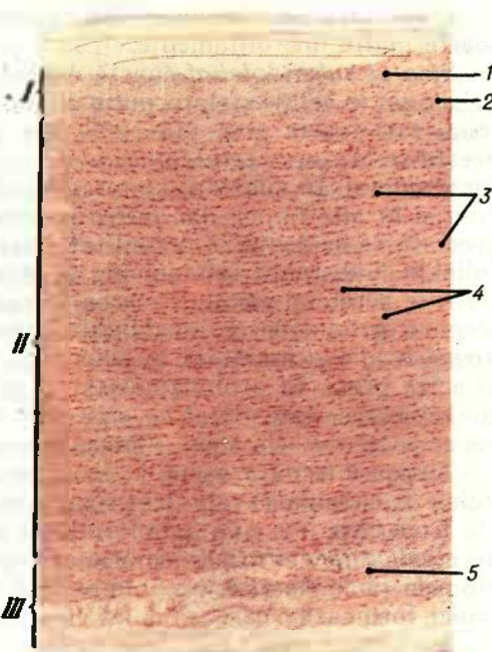
### Arterele

**Clasificarea.** Conform particularităților structurale, se disting 3 tipuri de artere: de tip elastic, muscular, de tip musculo-elastic. Peretele tuturor arterelor, ca și la vene, este format din trei tunici: internă (tunica interna), medie (tunica media) și externă (tunica externa). Grosimea lor, componența tisulară și particularitățile funcționale sînt diferite în diferite tipuri de vase.

**Arterele de tip elastic (arteriae elastotypica).** Din acestea fac parte vasele de calibru mare, precum aorta și artera pulmonară, în care sîngele pătrunde sub o presiune înaltă (120—130 mm a coloanei de mercur) și cu o viteză mare (0,5—1,3 m/sec). În aceste vase sîngele pornește direct din inimă ori din apropierea ei, din arcul aortei. Arterele de calibru mare reamuează de regulă funcția de transport. Prezența unui număr mare de elemente elastice (fibre, membrane) permite acestor vase să se dilate în timpul sistolei inimii și să-și revină la poziția inițială în timpul diastolei. În calitate de exemplu de vas elastic vom cerceta structura peretelui aortei (des. 143).

Tunica internă a aortei include *endoteliul* (endothelium), *stratul subendotelial* (stratum subendotheliale) și *plexul fibrelor elastice* (plexus fubroelasticus).

*Endoteliul* aortei omului este alcătuit din celule, diferite ca formă și dimensiuni, situate pe membrana bazală. Pe parcursul vasului dimensiunile și forma celulelor este diferită. Uneori celulele ating 500 mcm în lungime și 150 mcm în lățime. Mai des ele conțin un nucleu, dar se întîlnesc și celule multinucleare. Dimensiunile nucleilor sînt și ele diferite. În celulele endoteliale reticulul endoplasmatic este slab dezvoltat, conține un număr neînsemnat de ribozomi. Sînt bogate



în mitocondrii (de la 200—700), diferite ca formă și mărime, conțin foarte multe microfilamente.

*Stratul subendotelial* constă din țesut conjunctiv lax cu fibre subțiri, bogat în celule stelate, puțin diferențiate. În aortă stratul subendotelial este foarte gros (15—20% din grosimea peretelui). În stratul acesta se întâlnesc *celule musculare netede* (miocite netede), orientate longitudinal. În substanța intercelulară a tunicii interne a aortei, precum și în alte tunici, dar într-o măsură mai mică, după o prelucrare specială se evidențiază o cantitate mare de glicozaminoglicani și fosfolipide. Substanța fundamentală amorfă joacă un rol important în nutriția peretelui vasului. Starea fizico-chimică a acestei substanțe determină gradul de permeabilitate a peretelui vasului. La oamenii de vîrstă medie și înaintată în substanța intercelulară apare colesterolul și acizii grași. În profunzimea stratului subendotelial, în componența tunicii interne este situat un *plex dens de fibre elastice*, în care de obicei se poate deosebi stratul intern circular și extern longitudinal.

Tunica internă a aortei în locul plecării de la inimă formează valvulele tricuspide («valvulele semilunare»).

Tunica medie este formată din numeroase (40—50) *membrane elastice fenestrate* (membranae elasticae fenestratae), unite între ele prin fibre elastice, care, împreună cu elementele elastice ale altor tunici, formează o carcasă unică elastică (vezi des. 143). Între membrane se situează *celule musculare netede*, care sînt amplasate oblic față de membrane și un număr neînsemnat de fibroblaste. O astfel de structură a tunicii medii face ca aorta să aibă o elasticitate înaltă și amortizează forța șocului de propulsare a sîngelui, aruncat în vas de contracția ventriculului stîng al inimii și totodată asigură menținerea tonusului peretelui vascular în timpul diastolei.

Tunica externă a aortei este formată din țesut conjunctiv fibros lax, care conține numeroase *fibre elastice și colagene groase*, ce au, de obicei, direcție longitudinală. În tunica medie și externă a aortei, ca și în toate vasele mari, trec *vase nutritive* (vasa vasorum) și *fibre nervoase* (nervi vasorum). Tunica externă protejează vasul de supraîntindere și rupturi.

**Arterele de tip mixt sau musculo-elastic** (aa. mixtotypicae). Conform structurii și particularităților funcționale, ele ocupă un loc intermediar între vasele de tip muscular și elastic. Dintre arterele de tip musculo-elastic fac parte arterele carotidă și subclavie. **Tunica internă** a acestor vase constă din *endoteliu*, situat pe membrana bazală, *stratul subendotelial* și *membrana elastică internă* (membrana elastica interna). Această membrană este situată între tunica internă și medie. Ea se caracterizează printr-o evidențiere mai pronunțată și este separată de alte elemente ale peretelui vasului.

Tunica medie a arterelor de tip mixt este alcătuită din o cantitate aproximativ egală de *celule musculare netede, fibre elastice spirale și membrane elastice fenestrate*. Printre celulele musculare netede și elementele elastice se întâlnesc o cantitate neînsemnată de *fibroblaste și fibre colagene*.



În tunica externă a acestor artere se pot evidenția două straturi: intern, care conține fascicule de *celule musculare netede* izolate, și, extern, constituit din *fascicule de fibre colagene și elastice*, situate longitudinal și oblic, și din celulele *țesutului conjunctiv*. În componența tunicii externe sînt prezente *fibre nervoase și vase sanguine*. Ocupînd o poziție intermediară între vasele de tip muscular și elastic, arterele mixte (de exemplu subclavie) pot nu numai să se contracteze puternic, dar mai posedă și proprietate elastică înaltă, care se evidențiază bine la creșterea presiunii sanguine.

**Arterele de tip muscular** (aa. myotypicae). Din acestea fac parte vasele de calibru mijlociu și mic, adică majoritatea arterelor organismului (arterele corpului, membrelor și organelor interne).

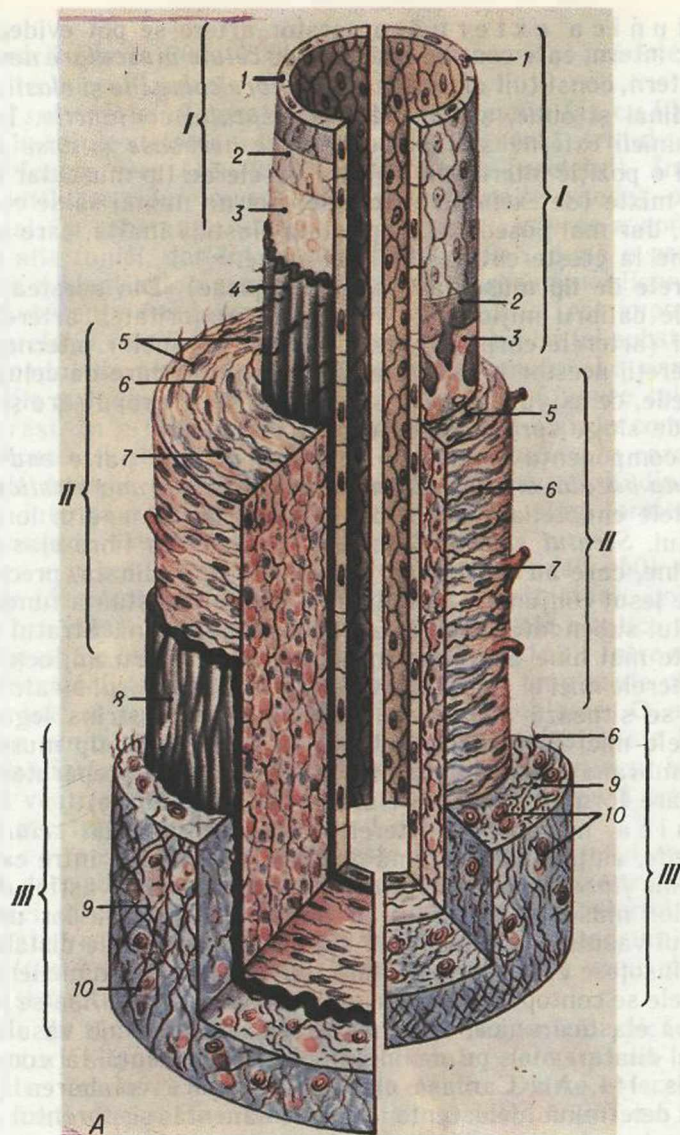
În pereții acestor artere se află o cantitate mare de celule musculare netede, ce asigură o forță suplimentară de propulsare și reglează afluxul de sînge spre organe (des. 144, A, B).

Din componența tunicii interne face parte *endoteliul cu membrana bazală, stratul subendotelial și membrana elastică internă*.

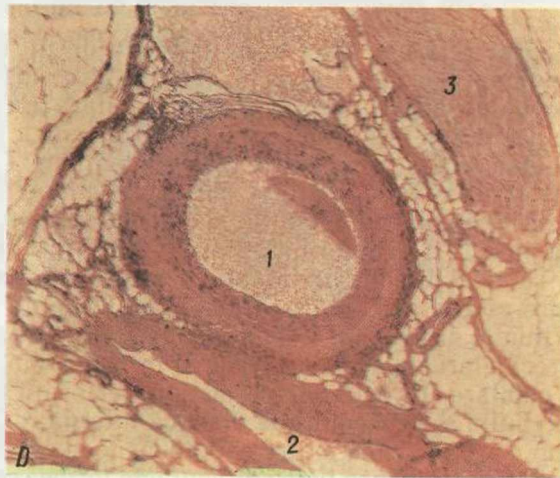
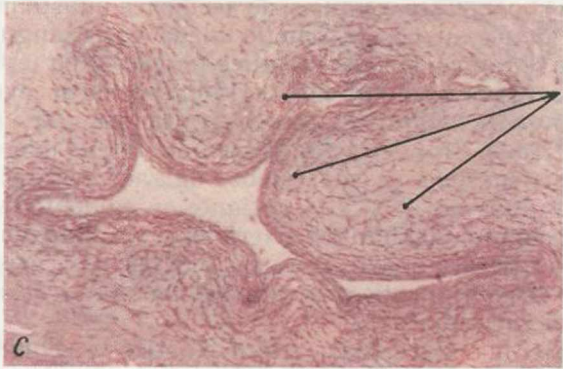
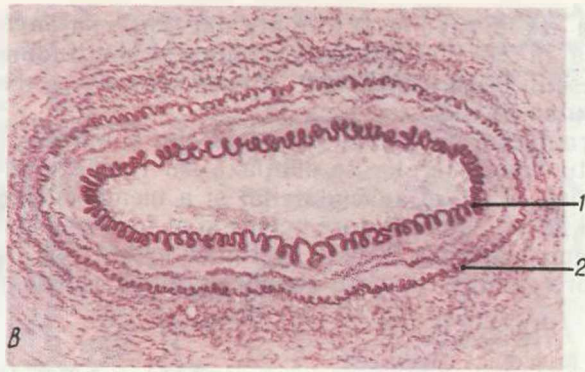
Celulele endoteliale sînt alungite pe traiectul axului longitudinal al vasului. *Stratul subendotelial* este format din fibre elastice și colagene fine, care au o orientare prioritar longitudinală, precum și din celule de țesut conjunctiv slab diferențiate. În substanța fundamentală a stratului subendotelial se află glicozaminoglicani. Stratul subendotelial este mai bine dezvoltat în arterele de calibru mijlociu și mare, iar în arterele mici el este slab evidențiat. La exteriorul stratului subendotelial se situează *membrana elastică internă*, strîns legată de el. În arterele mici ea e foarte subțire. În arterele de tip muscular mai mari membrana elastică este bine pronunțată (în preparatele histologice ea are forma unei lame elastice lucide sinuoase).

Tunica medie a arterei este constituită din *celule musculare netede*, amplasate în formă de spirală înclinată, între care se găsesc puține *fibroblaste, fibre elastice și colagene*. O astfel de situare a celulelor musculare asigură în timpul contractării lor micșorarea volumului vasului și propulsarea singelui în porțiunile distale. Fibrele elastice însoțesc celulele musculare, iar la limita cu tunicile internă și externă ele se contopesc cu elementele elastice locale. Așa se formează o carcasă elastică unică, care, pe de o parte, atribuie vasului elasticitate la dilatare, iar pe de altă parte, — rezistență la compresie (vezi des. 144, A). Carcasa elastică împiedică colabarea arterelor, fapt ce determină dehiscenta lor permanentă și torentul sanguin neîntrerupt.

Celulele musculare netede ale tunicii medii a arterelor de tip muscular susțin prin contractările lor presiunea sanguină, reglează afluxul singelui în vasele rețelei microcirculatorie a organelor. La limita dintre tunica medie și externă se situează *membrana elastică externă* (membrana elastica externa). Ea este constituită din fibre elastice groase dispuse longitudinal, care formează plexuri dense, căpătînd uneori forma unei membrane elastice compacte. De obicei, membrana elastică externă este mai subțire decît cea internă și nu se evidențiază clar la toate arterele.



**Des. 144.** Structura peretelui arterei și a venei de calibru mijlociu (des. Iu. I. Alanasiev).  
 A— schemă: în stînga — artera, în dreapta — vena; I— tunica internă, 1— endoteiliu; 2— membrana bazală;  
 3— stratul subendotelial; 4— membrana elastică internă; II— tunica medie; 5— miocite netede; 6— fibre  
 elastice; 7— fibre colagene; III— tunica externă, 8— membrana elastică externă; 9— țesut conjunctiv fibros;  
 10— vasele vaselor.



Des. 144. (continuare).

B — carcasa elastică a arterei; secțiune transversală (microfotografie): 1 — membrana elastică internă, 2 — membrana elastică externă; C — vena, secțiune transversală (microfotografie). 1 — fibre elastice, D — fasciculul neurovascular: 1 — arteră de tip muscular; 2 — venă; 3 — nerv.



**T u n i c a e x t e r n ă** este formată din *țesut conjunctiv fibros lax*, fibrele căruia au mai ales o orientare oblică și longitudinală. În tunica dată se găsesc în permanență *nervi și vase sanguine*, care alimentează peretele vasului.

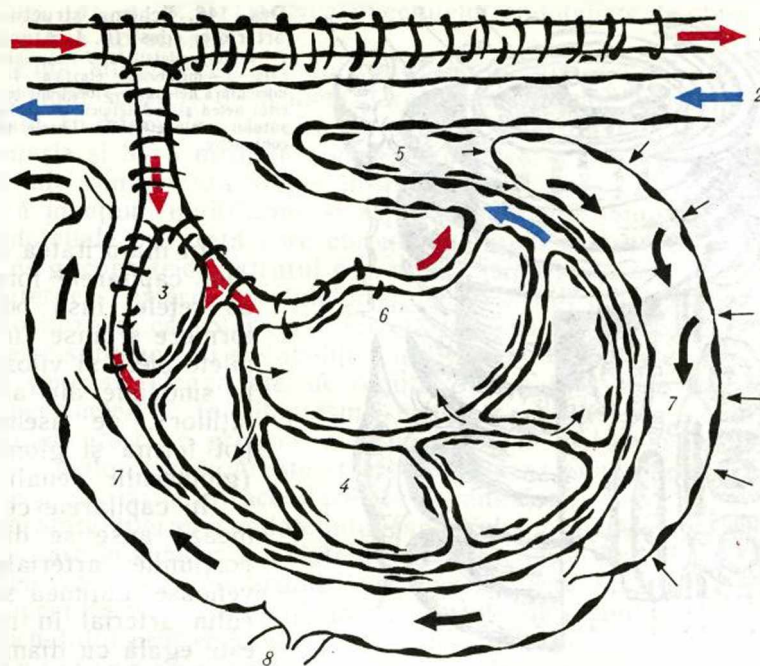
Pe măsura micșorării diametrului arterelor și apropierii lor de *arteriole*, toate tunicile arterelor se subțiază. În tunica internă descrește brusc grosimea stratului subendotelial și a membranei elastice interne. Numărul de celule musculare netede și al fibrelor elastice în tunica medie de asemenea scade treptat. În tunica externă se micșorează numărul de fibre elastice, dispăre membrana elastică externă (vezi mai jos).

### **Rețeaua microcirculatorie**

În angiologie acest termen numește sistemul de vase mici, inclusiv arteriole, hemocapilare, venule și de asemenea anastomozele arteriole-venulare. Complexul acesta funcțional de vase sanguine, înconjurat de capilare limfatice și vase limfatice împreună cu țesutul conjunctiv ce-l înconjoară, asigură funcțiile reglatoare și de aprovizionare a organelor cu sânge, schimbul de substanțe transcapilar și funcția de drenaj-depozit (des. 145). Mai des elementele rețelei microcirculatorie formează un sistem dens de anastomoze de vase precapilare, capilare și postcapilare, însă pot fi și alte variante cu evidențierea unui canal principal, de exemplu anastomoza arteriolei precapilare cu venula postcapilară ș. a. În fiecare organ, conform funcției sale, există particularități specifice de configurație, diametrul și densitatea aranjării vaselor din rețeaua microcirculatorie.

Vasele rețelei microcirculatorie sînt plastice la schimbarea curentului sanguin. Ele pot să depoziteze elementele figurate ale sîngelui sau să se spasmeze și să permită numai trecerea plasmiei, să-și schimbe permeabilitatea pentru lichidul tisular.

**Arteriolele.** Sînt cele mai mici vase arteriale de tip muscular, cu diametrul nu mai mare de 50—100  $\mu\text{m}$ , care, pe de o parte, sînt legate cu arterele, iar pe de alta — treptat trec în capilare (vezi des. 145). În arteriole se păstrează trei tunici caracteristice pentru peretele arterei în general, însă aici ele sînt foarte slab evidențiate. **T u n i c a i n t e r n ă** a acestor vase este alcătuită din celule endoteliale cu membrana bazală, un *strat subendotelial* și o *membrană elastică internă* fină. **T u n i c a m e d i e** este formată din 1—2 straturi de *celule musculare netede*, ce au o direcție spiralată. În **arteriolele precapilare** celulele musculare netede sînt amplasate solitar. Distanța dintre ele se mărește în porțiunile distale, însă ele numaidecît sînt prezente în locul bifurcațiilor precapilarelor de la arteriole și în locul ramificărilor precapilarelor în capilare. În arteriole se disting perforații în membrana bazală a endoteliului și în membrana elastică internă, datorită cărora se realizează un contact strîns dintre endoteliocite și celulele musculare netede (des. 146). Asemenea tipuri de contacte formează condițiile de transmitere a informației de la endoteliu la celulele musculare netede, la concret, eliminarea în sânge a adrenalinei din substanța medulară a glandelor suprarenale, care provoacă contractarea celulelor musculare



Des. 145. Vasele rețelei microcirculatorie (des. Iu. I. Afanasiev).

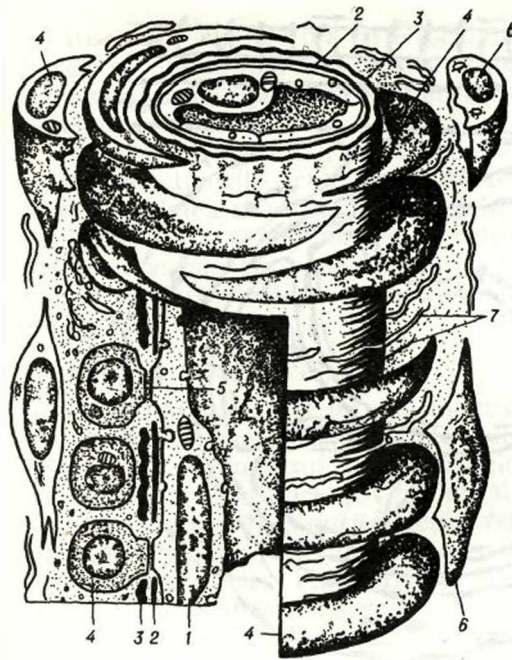
1—artera; 2—vena; 3—arteriole; 4—hemocapilare; 5—venule; 6—anastomoză arteriolo-venulară; 7—capilar limfatic; 8—vase limfatice.

netede. Între celulele musculare netede se află un număr mic de fibre elastice. Membrana elastică externă lipsește. Tunica externă este reprezentată de țesut conjunctiv fibros lax.

Funcțional arteriolele sînt, conform expresiei lui I. M. Secenov, „robinetele sistemului vascular”, care reglează afluxul de sînge spre organe, datorită contractării celulelor musculare, cu direcție spiralată, inervate de fibrele nervoase eferente. În locul separării capilarelor de arteriolele precapilare este prezentă o îngustare a lumenului capilarului, generată de celulele musculare netede, amplasate în formă de spirală, care are rol de sfîncter precapilar.

**Capilarele.** Capilarele sanguine (vasae haemocapillariae) sînt cele mai multe la număr și mai subțiri vase, care au lumen diferit. Acest lucru e determinat de particularitățile de organ ale capilarelor, precum și de starea funcțională a sistemului vascular. De exemplu, cele mai înguste capilare (diametrul de la 4,5 pînă la 6—7 mcm) se întîlnesc în musculatura striată, nervi, plămîni ș. a., capilare cu lumen larg (diametrul 7—11 mcm) se întîlnesc în piele și tunicile mucoase. În organele hematopoietice, unele glande cu secreție internă, ficat se întîlnesc capilare largi cu un diametru care se schimbă de-a lungul vasului (20—30 mcm și mai mult). Acest tip de capilare se numește de tip sinusoid. Rezervoare specifice de sînge de tip capilar-lacune se întîlnesc în corpurile cavernoase ale penisului.





Des. 146. Schema structurală a arteriolei (des. lu. I. Afanasiev). 1— celula endoteliailă; 2— membrana bazală; 3— membrana elastică; 4— celula musculară netedă; 5— jonctiune între miocitul neted și endoteliocit; 6— celulele țesutului conjunctiv; 7— fibrele țesutului conjunctiv.

În majoritatea cazurilor capilarele formează rețele, însă pot să formeze și anse (în papilele pielii și vilozitățile sinoviale ale articulațiilor), de asemenea pot forma și glomeruli (glomerulii renali).

În capilarele ce formează anse se disting porțiunile arteriale și venoase. Lățimea sectorului arterial în mediu este egală cu diametrul eritrocitului, iar a celui venos — puțin mai lar-

gă. Numărul capilarelor în diferite organe este variat. De exemplu, pe secțiunile transversale ale mușchiului omului, pe 1 mm<sup>2</sup> se întâlnesc de la 1400 până la 2000 capilare, iar în piele pe aceeași suprafață — 40. În orice țesut, în condiții fiziologice normale se întâlnesc până la 50% de capilare care nu funcționează. De regulă, lumenul lor este foarte redus, dar nu se observă obliterarea totală a capilarelor. Pentru elementele figurate ale singelui aceste capilare sînt impermeabile, pe cînd plasma singelui continuă să circule prin ele. Numărul capilarelor într-un anumit organ depinde direct de particularitățile morfofuncționale generale ale acestui organ, iar numărul capilarelor deschise depinde de intensitatea de lucru a organului respectiv în momentul dat.

Suprafața secțiunii transversale a rețelei capilare în orice regiune de multe ori întrece secțiunea transversală a arterei inițiale. În peretele capilarelor distingem trei straturi fine (analogice celor trei tunici ale vaselor descrise mai sus). Stratul intern este reprezentat de *celule endoteliale*, situate pe membrana bazală, cel mediu este alcătuit din *pericite*, incluse în membrana bazală<sup>1</sup>, iar extern — din *celule adventițiale* și fibre subțiri de collagen, ambalate în substanța amorfă fundamentală.

**S t r a t u l e n d o t e l i a l.** Învelișul intern al capilarelor reprezintă un strat de celule endoteliale alungite, de formă poligonală, cu contur neregulat, sinuos, situate pe membrana bazală: limitele celulei se evidențiază bine prin intermediul metodelor de impregnare argen-

<sup>1</sup> Adeseori în literatură membrana bazală și pericitele sînt incluse în stratul bazal.

tică (des. 147, A, B, C, D). Nucleii celulelor endoteliale de obicei au o formă ovală aplatisată.

Cele mai alungite celule endoteliale ating lungimea de 75—175 mcm, iar cele mai scurte —5—8 mcm. Grosimea celulelor endoteliale este variabilă. În diferite capilare ea variază de la 200 nm pînă la 1—2 mcm la periferie și 3—5 mcm în zonele perinucleare. De regulă, celulele endoteliale contactează strîns între ele (vezi des. 147), deseori se observă joncțiuni digitiforme și zone de aderență. Suprafața celulelor endoteliale orientată spre curentul sanguin este acoperită cu un strat de glicoproteide (stratul paraplasmalemal). De-a lungul suprafeței interne și externe a celulelor endoteliale sînt amplasate vezicule de pinocitoză și caveole, care reflectă transportul transendotelial al diferitelor substanțe și metaboliți. Ele sînt mai numeroase în terminațiunea venoasă. Organitele, de regulă, sînt puține și se situează în zona perinucleară. În citoplasma celulelor endoteliale se observă microfilamente cu o grosime de pînă la 5 nm, care pot forma fascicule în hialoplasmă. Aceste structuri formează citoscheletul și deservesc permutările intracelulare ale organitelor.

Suprafața internă a endoteliului capilarului, orientată spre torentul sanguin, are proeminențe izolate ultramicroscopice, mai ales în terminațiunea venoasă a capilarului. Aceste excrescențe citoplasmice măresc suprafața endoteliului și, în dependență de activitatea transportului lichidului prin endoteliu, își schimbă dimensiunile.

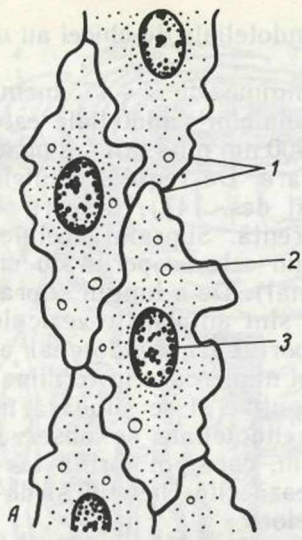
Clasificarea capilarelor se face în dependență de particularitățile lor organice (des. 148). Cel mai răspîndit tip de capilare, în afara celui descris, este de tip *fenestrat* (tipul doi) cu subțieri locale (*fenestre*) ale citoplasmei endoteliului (capilarele glomerulului rinichiului, vilozităților intestinului, glandelor cu secreție internă ș. a.) și cele *cu fisuri în endoteliu și în membrana bazală* ca, de exemplu, în splină, ficat (tipul trei).

Fenestrele, și în special fisurile, ușurează trecerea diferitelor macromolecule și substanțe corpusculare prin peretele capilarelor. Elasticitatea endoteliului și permeabilitatea lui pentru particule coloidale în sectorul venos al capilarului este mai înaltă decît în cel arterial. Rezultatele cercetărilor citochimice indică prezența în endoteliu a glicogenului, fosfatazelor, A.T.F.-azei și a altor substanțe, ce joacă un rol important în metabolism și transportul substanțelor prin celule, la îndeplinirea altor funcții.

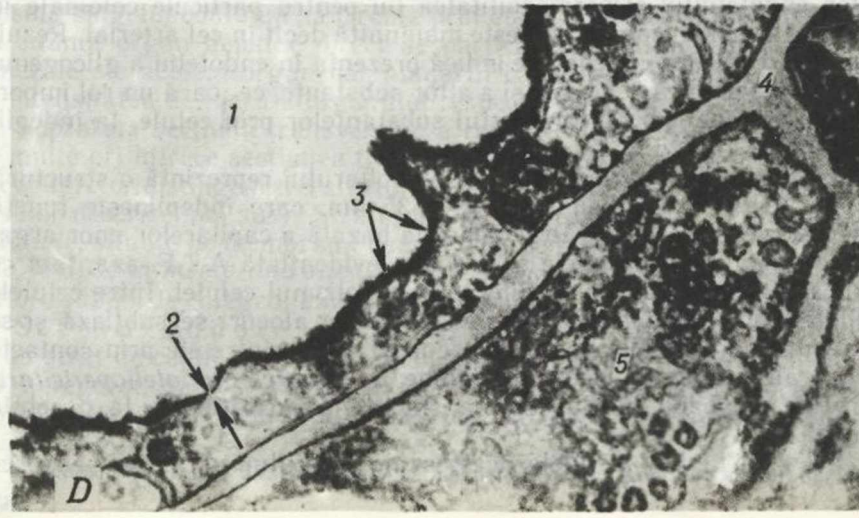
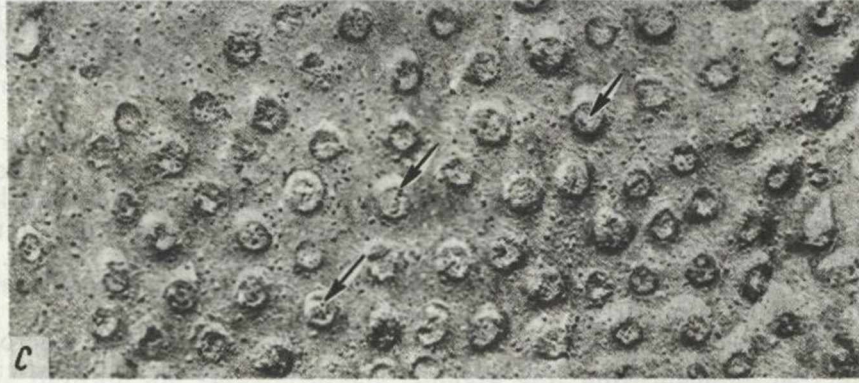
*Membrana bazală* a endoteliului capilarului reprezintă o structură de fibrile fine cu grosimea de 30—35 nm, care îndeplinește funcții diferite (vezi capit. VI). În membrana bazală a capilarelor unor organe (creierul, suprarenalele ș. a.), este evidențiată A.T.F.-aza, fapt ce indică rolul activ al membranei în metabolismul celulei. Între celulele endoteliale și pericite membrana bazală pe alocuri se subțiază și se întrerupe, iar celulele în aceste locuri se unesc între ele prin contacte dense ale citolemei. Această regiune de *contacte endoteliopericitare* servește, probabil, ca loc de transmitere a excitației de la o celulă la alta.

**Pericitele.** Celulele acestea ale țesutului conjunctiv au pre-

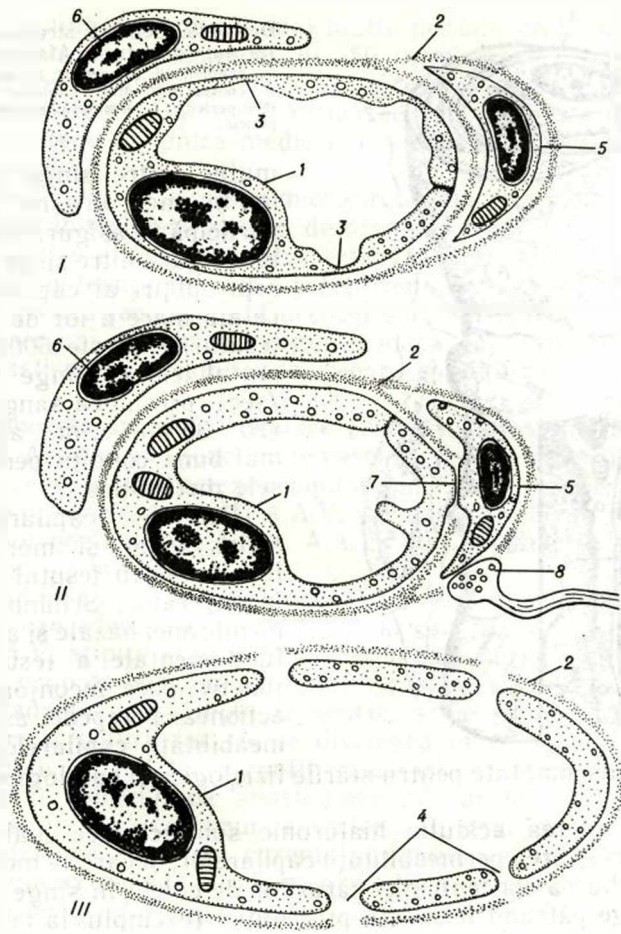




**Des. 147. Endoteliul capilarelor (schemă).**  
 A—vedere plană, B—secțiune verticală (des. Iu. I. Afanasiev). 1—limitele celulelor; 2—citoplasma; 3—nucleul;  
 C—fenestre (orificii) în endoteliocitele din capilarul peritubular al rinichiului. Microfotografie electronică X 20000 (după A. A. Mironov). D—stratul paraplasmalemal al endoteliocitului hemocapilarului (după V. V. Cuprianov, Ia. L. Caraganov și V. I. Cozlov). 1—lumenul hemocapilarului, 2—citolema, 3—stratul paraplasmalemal, 4—membrana bazală, 5—citoplasma pericitului.







**Des. 148. Trei tipuri de capilare (des. Iu. I. Afanasiev).**

*I* — hemocapilar cu celulă endotelială și membrană bazală neîntreruptă, *II* — hemocapilar cu endoteliu fenestrat și membrană bazală neîntreruptă, *III* — hemocapilar sinusoid cu fisuri în endoteliu și cu membrană bazală întreruptă. 1 — endoteliocit; 2 — membrana bazală; 3 — fenestre; 4 — fisuri (pori); 5 — pericit; 6 — celulă adventițială; 7 — contactul dintre endoteliocit și pericit; 8 — terminațiune nervoasă.

lungiri și în formă de coșuleț înconjoară capilarele sanguine, fiind situate în clivajul membranei bazale a endoteliului. Densitatea amplasării acestor celule nu este uniformă în capilarele diferitelor organe. Pe pericitele unor capilare se identifică terminațiuni nervoase eferente, de însemnătate funcțională a cărora se presupune că depinde reglarea schimbării lumenului capilarelor (des. 149).

**Celulele adventițiale.** Aceste celule, puțin diferențiate, sînt situate la exteriorul pericitelor. Ele sînt înconjurate de substanța amorfă a țesutului conjunctiv în care se găsesc fibre subțiri de colagen.

Capilarele sanguine realizează procesele principale ale metabolis-



Des. 149. Schema structurii hemocapilarului (des. Iu. I. Afanasiev).  
 1—endoteliocit; 2—pericit; 3—membrana bazală;  
 4—contact dens dintre citolema celulei endoteliale și pericit; 5—terminațiune nervoasă eferentă pe pericit.

mului dintre sânge și țesuturi, iar în unele organe (plămâni), participă la asigurarea schimbului de gaze între sânge și aer. Peretii subțiri ai capilarelor, suprafața mare a lor de contact cu țesuturile (peste  $6000 \text{ m}^2$ ), curentul lent de sânge ( $0,05 \text{ mm/sec}$ ), presiunea sanguină joasă ( $20\text{--}30 \text{ mm c. m.}$ ) asigură cele mai bune condiții pentru procesele metabolice.

Peretele capilarelor este strins legat și morfologic, și funcțional cu țesutul conjunctiv înconjurător. Schimbarea stării membranei bazale și a substanței fundamentale a țesutului conjunctiv, care înconjoară vasele, acționează repede asupra permeabilității capilarelor, fapt ce

are o mare însemnătate pentru stările fiziologice și patologice ale organismului.

Descompunerea acidului hialuronic sub acțiunea hialuronidazei conduce la creșterea permeabilității capilarelor, și care se modifică odată cu schimbarea concentrației sărurilor de calciu în sânge sau atunci când în sânge pătrund fermenții proteolitici (exemplu, la infecții purulente ș. a.).

Modificarea lumenului capilarului, ce are loc în dependență de stările fiziologice și patologice, depinde considerabil de presiunea sanguină în capilare, ce ține de tonusul celulelor musculare ale arteriolelor și venelor mici, sfincterelor precapilare, anastomozelor arteriolo-venulare, de starea pericitelor.

Partea de derivație a rețelei microcirculatorie începe cu sectorul venos al capilarelor, pentru care este caracteristică prezența vilozităților mai masive pe suprafața lumenală a endoteliului și plicilor ce amintesc valvele valvulelor. Celulele endoteliale conțin o cantitate relativ mare de mitocondrii și vezicule de pinocitoză, este reprezentat mai bine complexul Golgi. În endoteliu se întâlnesc des fenestre. Diametrul sectorului venos al capilarului poate fi mai larg decît cel arterial de  $1,5\text{--}2$  ori.

**Venulele (venulae).** Deosebim trei tipuri de venule: postcapilare, colectoare și musculare. *Structura venulelor postcapilare* (diametrul  $8\text{--}30 \text{ mcm}$ ) amintește porțiunea venoasă a capilarului, însă în perete-

le acestor venule sînt situate mai multe pericite decît în capilare. În *venulele colectoare* (diametrul 30—50  $\mu\text{m}$ ) apar celule musculare netede izolate și tunica externă aici este mai pronunțată. *Venulele musculare* (diametrul 50—100  $\mu\text{m}$ ) conțin 1—2 straturi de celule musculare netede în tunica medie și este dezvoltată comparativ bine tunica externă.

Porțiunea venoasă a rețelei microcirculatorie împreună cu *capilarele limfatice* îndeplinesc funcția de drenare, reglînd echilibrul hematolinfatic dintre sînge și lichidul extravascular, eliminînd produsele metabolismului țesuturilor. Prin pereții venulelor, ca și prin cei ai capilarelor, migrează leucocitele. Curentul sanguin lent (nu mai mult de 1—2 mm/sec) și presiunea sanguină joacă (aproape 10 mm c. m.) inclusiv elasticitatea acestor vase creează condiții de depozitare a sîngelui.

**Anastomozele arteriolo-venulare (A.A.V) (anastomosae arteriolo-venularis).** Acestea sînt joncțiunile vaselor care vehiculează sîngele arterial prin vene, ocolind rețeaua capilarelor. Ele sînt evidențiate aproape în toate organele. Calibrul A.A.V. variază între 30 și 500  $\mu\text{m}$ , iar lungimea lor poate atinge 4 mm. A.A.V. sînt capabile să se contracte de 2—12 ori pe minută.

**Clasificarea A.A.V.** Deosebim două grupuri de anastomoze: 1) anastomoze adevărate (șunturi), prin care trece sînge curat arterial; 2) A.A.V. atipice (semișunturi), prin care curge sînge amestecat.

Primul grup de anastomoze (**șunturi**) poate avea forma exterioră diferită — anastomoze drepte și scurte, anse, conexiuni ramificate.

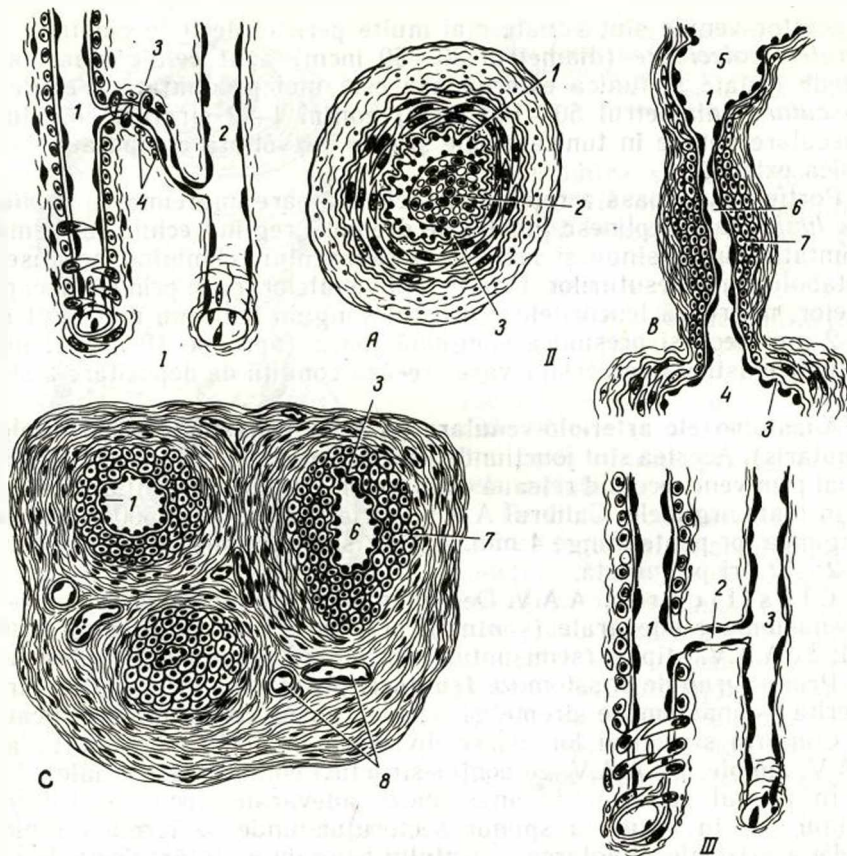
Conform structurii lor ele se divizează în două subgrupuri: a) A.A.V. simple, b) A.A.V. ce conțin structuri contractile speciale.

În primul subgrup de anastomoze adevărate, locul de trecere a unui vas în altul corespunde sectorului, unde se termină tunica medie a arteriolei. Reglarea curentului sanguin se înfăptuiește de celule musculare netede ale tunicii medii a arteriolei, fără aparate speciale de contractare (des. 150, I, III).

Anastomozele subgrupului al doilea pot avea structuri speciale contractile sub formă de burelet sau perniță în stratul subendotelial, formate de celulele musculare netede, amplasate longitudinal. Contractarea pernițelor musculare ce proemină în lumenul anastomozei provoacă întreruperea curentului sanguin (vezi des. 150, II, A). La subgrupul acesta aderă și A.A.V. de tip *epitelioid* (simple și complexe (vezi des. II, 150, B, C). A.A.V. de tip *epitelioid* simple se caracterizează prin prezența în tunica medie a stratului intern longitudinal și extern circular de celule musculare netede, care, pe măsura apropierii de terminațiunea venoasă, sînt substituie de celule ovale clare, scurte (celulele E), asemănătoare cu cele epiteliale. În sectorul venos al A.A.V. peretele ei se subție brusc. Tunica medie aici conține o cantitate neînsemnată de celule musculare netede, situate circular în formă de inele. Tunica externă constă din țesut conjunctiv lax.

A.A.V. complexe sau glomerulare, de tip *epitelioid*, se deosebesc de cele simple prin aceea că arteriola aferentă se împarte în 2—4 ramuri, ce trec în porțiunea venoasă. Aceste ramuri sînt învelite de o





Des. 150. Anastomoze arteriolo-venulare (A.A.V.) (des. lu. I. Afanasiev).

I — A.A.V. fără structuri speciale de închidere; 1 — arteriolă, 2 — venula, 3 — anastomoza, 4 — miocite netede în anastomoză, II — A.A.V. cu structuri speciale de închidere; A — anastomoza de tip sfincterian; B — anastomoza simplă de tip epitelioid; C — anastomoză complexă de tip epitelioid (glomerular); 1 — endoteliu, 2 — fascicule de miocite netede, situate longitudinal, 3 — membrana elastică internă, 4 — arteriola, 5 — venula, 6 — anastomoza, 7 — celule epitelioidale ale anastomozei, 8 — capilare în membrana de țesut conjunctiv; III — anastomoză atipică, 1 — arteriola, 2 — hemocapilar scurt, 3 — venula

membrană comună de țesut conjunctiv (vezi des. 150, II, C). Astfel de anastomoze se întâlnesc des în dermul pielii și hipoderm, precum și în paraganglioni.

Grupul al doilea — anastomoze atipice (semișunțuri) — reprezintă conexiuni de arteriole și venule, unite prin intermediul unui vas scurt de tip capilar (vezi des. 150, III). De aceea sângele aruncat în rețeaua venoasă nu este pe deplin arterial.

A.A.V. mai ales de tip glomerular, conțin o inervație bogată.

Unirea sistemului arterial cu cel venos, fără participarea capilarelor, are o mare însemnătate la reglarea curentului sanguin în organe și la reglarea presiunii arteriale (locale și generale). Aceste conexiuni joacă un rol deosebit la stimularea curentului venos, la arterializarea

sîngelui venos, mobilizarea sîngelui din depozite și reglarea curentului lichidului interstițial în rețeaua venoasă. Este important rolul A.A.V. în reacțiile de compensare a organismului în caz de dereglare a circulației sanguine și în dezvoltarea proceselor patologice.

### Venele

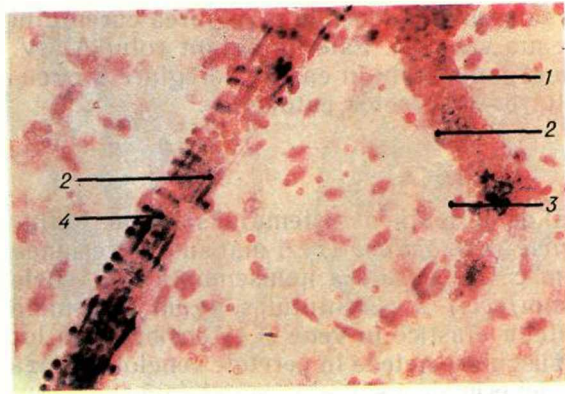
Venele alcătuiesc zvenoul de derivație al sistemului sanguin. Refluxul sîngelui începe cu *venulele postcapilare* (vezi mai sus). Presiunea sanguină joasă (15—20 mm c. m.) și viteza neînsemnată (în venele organelor aproape de 10 mm/sec.) a curentului sanguin determină dezvoltarea slabă a elementelor elastice în vene și extensibilitatea lor mare. Cantitatea de celule musculare netede în peretele venelor variază și depinde de direcția circulației prin ele a sîngelui: spre inimă sub acțiunea forței de gravitație sau contra ei. Necesitatea de a învinge forța de gravitație a sîngelui în venele membrilor inferioare conduce la dezvoltarea puternică a elementelor musculare netede în aceste vene față de venele membrilor superioare, capului și gîtului. Multe vene conțin *valvule* (*valvulae venosae*), care sînt formate din tunica internă. Venele encefalului și ale meningelor, organelor interne, iliace, hipogastrice, cave și branhiio-cefalice nu conțin valvule.

Conform gradului de dezvoltare a elementelor musculare în perețele venelor, ele pot fi divizate în două grupuri: **vene de tip fibros (amuscular)** și **de tip muscular**. Venele de tip muscular la rîndul lor se divid în vene cu o dezvoltare slabă, mijlocie și intensă a elementelor musculare.

În vene, ca și în artere, distingem trei tunici: *internă*, *medie* și *externă*. Expresivitatea acestor tunici și structura lor la diferite vene diferă esențial.

**Venele de tip fibros (amuscular) (venae fibrotypicae).** În tipul dat sînt incluse venele amusculare ale leptomeningei și pahimeningei (des. 151), venele retinei ochiului, oaselor, lienale și placentare. Venele meningeae și ale retinei ochiului sînt maleabile și cedează ușor sub acțiunea presiunii sanguine, însă sîngele acumulat în ele se scurge relativ ușor, sub acțiunea propriei greutate în trunchiurile venoase mai voluminoase. Venele oaselor, lienale și placentare, de asemenea sînt pasive la propulsarea sîngelui. Aceasta se datorează faptului că ele sînt sudate cu elementele dense ale organelor respective și nu se colabează, de aceea refluxul sîngelui prin ele se înfăptuiește ușor. Celulele endoteliale, care căptușesc aceste vene, au un contur mai sinuos decît în artere. La exteriorul lor se situează membrana bazală, apoi un strat subțire de țesut conjunctiv fibros lax, concreșcut cu țesuturile înconjurătoare.

**Venele de tip muscular (venae myotipicae).** Venele cu o dezvoltare slabă a elementelor musculare sînt variate după diametru. Din ele fac parte venele de calibru mijlociu și mic (pînă la 1—2 mm), care însoțesc arterele de tip muscular în partea superioară a corpului, gîtului și feței, precum și venele mari ca, de exemplu, vena cavă superioară. În aceste vase circulația sîngelui este



**Des. 151.** Vene de tip fibros. Preparat total al leptomeningei.

1 — vena; 2 — endoteliu; 3 — celule adventițiale; 4 — arteriola.

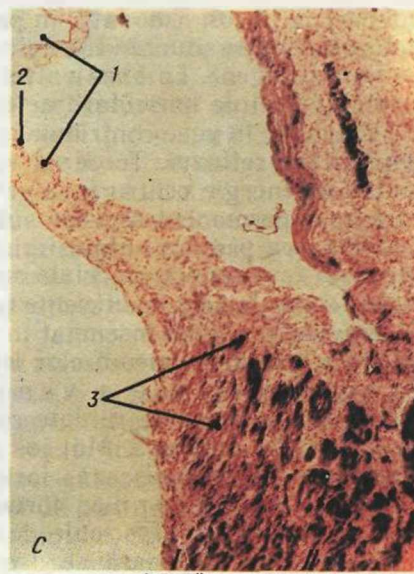
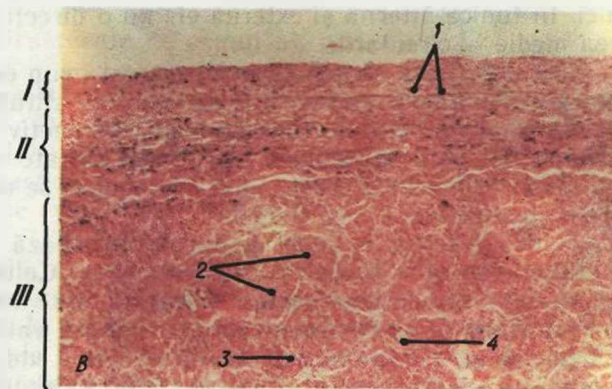
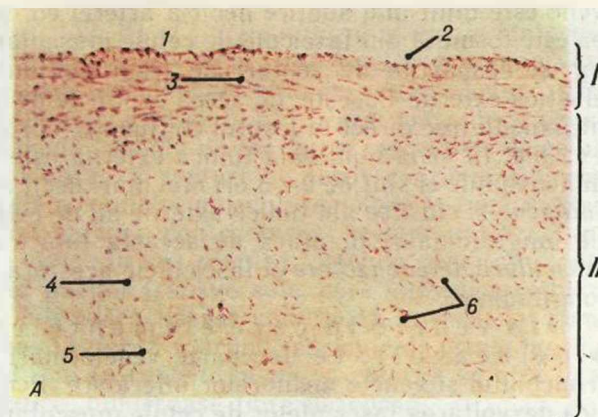
extrem de pasivă, datorită greutateii sale. Din această categorie fac parte și venele membrului superior. Pereții acestor vene sînt mai subțiri decît ale arterelor de calibrul corespunzător, conțin mai puține elemente musculare și pe preparate aceste vene de obicei se întîlnesc în stare colabată.

Venele de calibrul mic și mediu cu o dezvoltare slabă a elementelor musculare au slab evidențiat stratul subendotelial, iar în tunica medie se află o cantitate mică de celule musculare. În unele vene mici, de exemplu în venele tractului digestiv, celulele musculare netede din tunica medie formează „zonule” solitare situate la o distanță mare una față de alta. Datorită acestei structuri, venele se pot dilata foarte mult și efectuează funcția de depozite sanguine. În tunica externă a venelor mici se întîlnesc celule musculare netede izolate, orientate longitudinal.

Dintre venele de calibrul mare cu elementele musculare slab dezvoltate este **vena cavă superioară** (des. 152), în tunica medie al peretelui căreia se găsesc puține celule musculare netede. Acest lucru e determinat de poziția verticală a corpului, în urma căreia singele curge prin această venă spre inimă sub acțiunea greutateii sale, și datorită mișcărilor de respirație a cutiei toracice. La începutul diastolei (relaxarea musculaturii) ventriculelor inimii în atrii apare o presiune sanguină negativă, care parcă ar absorbe sîngele din venele cave.

Ca o pildă de venă de calibrul mijlociu cu elementele musculare mediu dezvoltate poate servi **vena humerală**. Celulele endoteliale, care cîmpușesc tunica internă a acestei vene, sînt mai scurte decît în arterele corespunzătoare. *Stratul subendotelial* este format din fibre fine de țesut conjunctiv și celule orientate îndeosebi de-a lungul vasului. Tunica internă a acestui vas formează *aparatură valvulară*, în structura sa ea conține și celule musculare netede solitare, cu direcție longitudinală. Membrana elastică internă a venei nu este pronunțată. La limita dintre tunica internă și medie se află numai o rețea de fibre elastice. Fibrele elastice ale tunicii interne a venei humerale sînt unite ca și la artere cu fibrele elastice ale tunicii medii și externe și alcătuiesc o carcasă unică. Tunica medie a acestei





**Des. 152. Vene (secțiune transversală).**

A — vena cu o dezvoltare slabă a elementelor musculare (vena cavă superioară), I — tunici-  
le internă și medie, II — tunica externă, 1 — ce-  
lule sanguine în lumenul venei, 2 — endoteliu,  
3 — miocite netede, 4 — fibre elastice, 5 — fibre  
colagene, 6 — celulele țesutului conjunctiv. B —  
vena cu o dezvoltare puternică a elementelor  
musculare (vena cavă inferioară umană), I —  
tunica internă, II — tunica medie, III — tunica  
externă, 1 — miocite netede, 2 — fascicule longi-  
tudinale de celule musculare netede, 3 — țesut  
conjunctiv, 4 — vasele vaselor, C — vena femu-  
rală cu valvulă (secțiune longitudinală); 1 —  
tunica internă, II — tunica medie, 1 — valvula,  
2 — endoteliu, 3 — miocite netede.

vene este mult mai subțire decât a arterei corespunzătoare. De obicei, ea este formată din fascicule de celule musculare netede, situate circular și despărțite de septuri de țesut conjunctiv fibros. Membrana elastică externă lipsește, de aceea septurile de țesut conjunctiv ale tunicii medii trec direct în țesutul conjunctiv fibros lax al tunicii externe. În vena humerală tunica externă este foarte bine dezvoltată, dimensiunile ei sînt de 2—3 ori mai mari decât ale tunicii medii. *Fibrele colagene și elastice* ale tunicii externe au de cele mai multe ori o direcție longitudinală. În afară de aceasta tunica externă conține *celule musculare netede izolate* și fasciculele acestora, care sînt și ele situate longitudinal.

Din venele în care elementele musculare sînt bine dezvoltate fac parte venele mari ale părții inferioare a trunchiului și venele membrelor inferioare. Pentru ele este caracteristică dezvoltarea fasciculelor de celule musculare netede în cele trei tunici. În tunica internă și externă ele au o direcție longitudinală, iar în cea medie — circulară.

Cea mai tipică structură pentru acest grup de vene o are **vena femurală**. Tunica internă a ei este constituită din *endoteliu* și din *stratul subendotelial*, format din țesut conjunctiv fibros lax, în care fasciculele de celule musculare netede sînt situate longitudinal. Membrana elastică internă lipsește, însă în locul ei se observă aglomerări de fibre elastice.

Tunica internă a venei femurale formează *valvule*, care reprezintă pliuri subțiri ale ei (tunicii interne). Celulele endoteliale, care căptușesc valvula din partea orientată spre lumenul vasului, au o formă alungită și sînt orientate de-a lungul valvelor valvulei, iar din partea opusă valvula este căptușită de celule endoteliale cu forma poligonală, situate transversal valvelor. Baza valvulei o formează țesutul conjunctiv fibros. Totodată, în partea orientată spre lumenul vasului, sub endoteliu se situează fibre elastice, iar în partea opusă — numeroase fibre colagene. La baza valvei valvulei se poate întîlni un oarecare număr de celule musculare netede.

Valvulele în vene contribuie la propulsia sîngelui venos spre inimă, împiedicînd refluxul. Totodată valvulele protejează inima de eforturi inutile de energie pentru învingerea mișcărilor oscilatorii ale sîngelui care apar permanent în vene sub influența diferitelor acțiuni externe (schimbarea presiunii atmosferice, constricția musculară ș. a.). Însă prezența fasciculelor de celule musculare netede în tunici și valvulele venei femurale sînt insuficiente pentru ridicarea sîngelui contra forței de gravitație. Un rol însemnat în aceasta îl joacă contractarea musculaturii scheletale a membrelor inferioare.

Tunica medie a venei femurale conține fascicule de celule musculare netede, situate circular. Mai sus de baza valvulei tunica medie se subțiază. Mai jos de locul inserției valvulei fasciculele musculare se încrucișează, formînd o îngroșare în peretele venei. În tunica externă, formată din țesut conjunctiv fibros, sînt situate longitudinal fascicule de celule musculare netede.

**Vena cavă inferioară** se deosebește foarte mult ca structură de

veneile afluenle (vezi des. 152, B). *Tunicile internă și medie* ale venei cave inferioare sînt dezvoltate relativ slab. *Tunica externă* a venei cave inferioare conține numeroase fascicule de celule musculare netede, situate longitudinal, și grosimea ei este de 6—7 ori mai mare decît grosimea tunicilor interne și medii luate la un loc. Între fasciculele de celule musculare netede se localizează septuri de țesut conjunctiv fibros. Amplasarea longitudinală a celulelor musculare netede în tunica externă are însemnătate fiziologică: contractarea acestor fascicule nu numai că propulsează sîngele în sus (contra forței de gravitație), dar contribuie și la formarea plicilor transversale, care împiedică refluxul sîngelui (în vena cavă inferioară lipsesc valvulele). În orificiul venei cave inferioare, în tunica ei externă pătrund fascicule de celule musculare striate ale miocardului. În tunicile medie și externă se află vase nutritive, capilare limfatice, numeroase fibre nervoase.

### Particularitățile structurale de organ ale vaselor

Unele sectoare ale sistemului sanguin au particularități organice de structură a arterelor. De exemplu, arterele craniului se deosebesc printr-o dezvoltare slabă a elementelor elastice în tunicile medie și externă, membrana elastică externă lipsește. Iar membrana elastică internă, invers, este bine evidențiată. Astfel de particularități au și arterele encefalului.

În artera ombilicală lipsește membrana elastică internă. În artera occipitală, în tunica internă sînt puternic dezvoltate fasciculele de celule musculare netede. În arterele renală, mezenterică, lienală și coronară a inimii fasciculele de celule musculare netede, situate longitudinal, sînt bine pronunțate în tunica externă. În arterele uterului, penisului, arterele mușchilor papilari ai inimii și cordonului, ombilicului, mai ales în locul intrării lui în placentă, fasciculele de celule musculare netede sînt situate și în tunicile internă și externă.

Unele vene, precum și arterele, au particularități structurale de organ foarte bine evidențiate. Astfel, venele pulmonară și ombilicală, spre deosebire de toate celelalte vene, au un strat muscular circular bine dezvoltat în tunica medie, ce le aseamănă cu arterele. Venele inimii în tunica medie conțin fascicule de celule musculare netede, amplasate longitudinal. Iar în vena portă tunica medie conține două straturi: intern — circular și extern — longitudinal. În unele vene, de exemplu ale inimii, se evidențiază membrane elastice, care generează o elasticitate mai mare a acestor vase într-un organ ce se contractă permanent. Venele adînci ale ventriculelor inimii nu au celule musculare și membrane elastice. Ele au o construcție sinusoidă, și la extremitatea distală în loc de valvule au sfinctere. Venele tunicii externe a inimii conțin fascicule de celule musculare netede, orientate longitudinal. În glandele suprarenale există vene, care conțin fascicule musculare în tunica internă, ce evoluează în lumen sub formă de pernițe, mai ales în orificiul lor. Venele ficatului, submucoasei intestinului, tunicii mucoase nazale, venele penisului ș. a. sînt aprovizionate cu sfinctere ce reglează refluxul sîngelui.



## VASELE LIMFATICE

Vasele limfatice sînt o porțiune a sistemului limfatic, ce include și *ganglionii limfatici*. În relațiile funcționale, vasele limfatice se află în strînsă interdependență cu cele sanguine, mai ales în regiunea localizării vaselor rețelei microcirculatorie. Anume aici are loc formarea lichidului interstițial și pătrunderea lui în rețeaua limfatică.

Prin căile limfatice mici se realizează migrația permanentă a limfocitelor din curentul sanguin și recircularea lor din ganglionii limfatici în sînge.

**Clasificarea.** Printre vasele limfatice deosebim: *capilare limfatice, vase limfatice intra- și extraviscerale, care evacuează limfa din organe, și trunchiurile limfatice principale — canalul toracic și canalul limfatic drept*, care se varsă în venele mari ale gîtului. Conform structurii deosebim vase limfatice amusculare (fibroase) și de tip muscular.

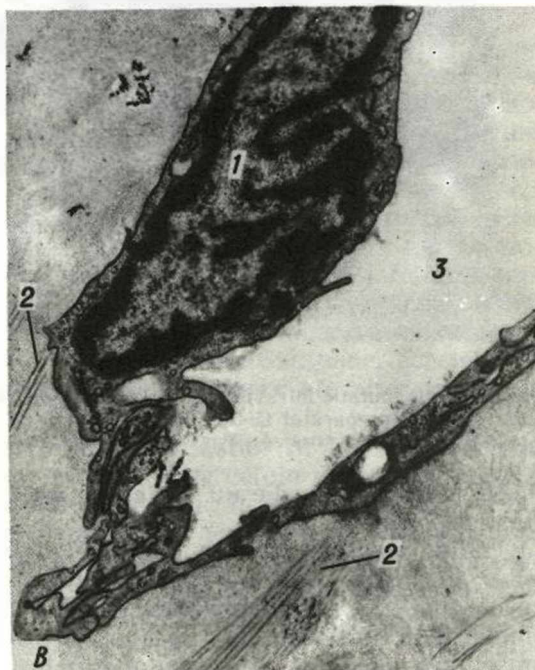
**Capilarele limfatice.** Capilarele limfatice reprezintă sectorul începător al sistemului limfatic, în care din țesuturi pătrunde lichidul interstițial împreună cu produsele metabolismului, iar în cazuri patologice — particule heterogene și microorganisme. Prin rețeaua limfatică se pot răspîndi și celulele tumorilor maligne.

Capilarele limfatice reprezintă un sistem de canale endoteliale aplatisate închise, ca un fund de sac la una din extremități, care se anastomozează și străbat toate organele<sup>1</sup> (des. 153, A, B), unde însoțesc hemocapilarele (vezi des. 145). Diametrul capilarelor limfatice îl întrece de cîteva ori pe cel al capilarelor sanguine. Ca și în sistemul sanguin, în sistemul limfatic se întîlnesc aproape permanent capilare de rezervă, care se umplu numai în cazul intensificării limfopoiezei. Peretele capilarelor limfatice este format din *celule endoteliale*, care spre deosebire de cele din capilarele sanguine sînt de 3—4 ori mai mari. Membrana bazală și pericitele aici lipsesc. Căptușeala endotelială a capilarului limfatic este strîns legată de țesutul conjunctiv ambiant cu ajutorul așa-numitelor *filamente de fixație*, care se împletesc în fibrele colagene, situate de-a lungul capilarelor limfatice (vezi des. 153, B). Capilarele limfatice și porțiunile începătoare ale vaselor limfatice de derivație (vezi mai jos) asigură un echilibru hemolinfatic, condiție necesară de microcirculație în organismul sănătos.

**Vasele limfatice de derivație.** Particularitatea distinctivă principală a structurii vaselor limfatice este prezența în ele a valvulelor și a unei tunici adventițiale bine dezvoltate (des. 154). În locul de inserție a valvulelor, vasele limfatice prezintă o dilatație conică. Structura peretelui vaselor limfatice are multe trăsături comune cu structura venelor. Aceasta se explică prin faptul că există o asemănare între condițiile limfo- și hemodinamice de funcționare a acestor vase: presiunea scăzută și direcția curentului de lichid de la organe spre inimă.

În dependență de diametru vasele limfatice se împart în mici, mijlocii și mari. Ca și venele, aceste vase pot fi amusculare și musculare.

<sup>1</sup> Capilarele limfatice nu au fost observate în encefal, splină, placentă, măduva osoasă, în sclera globului ocular, cristalin, în epitelii și țesuturile cartilajinoase.

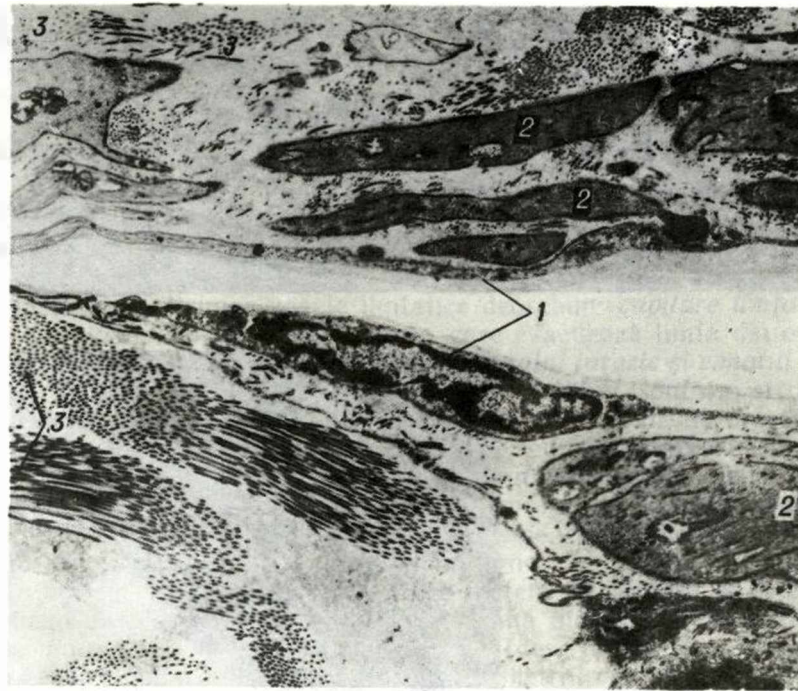


**Des. 153. Capilare limfatice** (preparatul G. V. Bulanova).

A—preparat total (impregnare argentică), 1—limitele celulelor endoteliale, 2—capătul orb al capilarului (după Iancio), B—microfotografie electronică a capilarului limfatic din pericardul șobolanului.  $\times 6300$ .  
1—endoteliu, 2—filamente fixatoare, 3—lumenul capilarului.

În vasele mici, cu diametrul de circa 30—40  $\mu\text{m}$ , care de obicei sînt vase limfatice intraviscerale, elementele musculare lipsesc și perețele lor constă din endoteliu și dintr-o tunică de țesut conjunctiv.

Vasele limfatice mijlocii și mari (cu diametrul mai mare de 0,2 mm) au trei tunici bine individualizate: *internă*, *medie* și *externă*. În *tunica internă*, acoperită de endoteliu, sînt fascicule de fibre colagene și elastice, cu direcție longitudinală și oblică. Ea formează numeroase valvule, care sînt constituite dintr-o lamă conjunctivă centrală, acoperită pe fața internă și externă de endoteliu. Sub endoteliul valvei, orientată spre perețele vasului, este situată membrana elastică. În grosimea centrală a lamei conjunctive a valvei se întîlnesc fascicule de celule musculare netede. La limita



Des. 154. Vas limfatic intravisceral din pericardul șobolanului. Microfotografie electronică.  $\times 2700$  (preparatul G. V. Bulanova).  
1 — endoteliu, 2 — miocite netede, 3 — fibre colagene ale tunicii adventițiale.

tunicii interne și medie nu totdeauna este bine evidențiată membrana elastică internă.

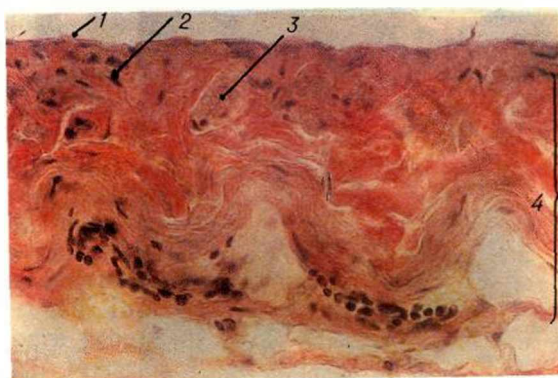
*Tunica medie* a vaselor limfatice e slab dezvoltată în vasele capului, în partea superioară a corpului și în membrele superioare. În vasele limfatice ale membrilor inferioare tunica medie din contra este bine dezvoltată. În peretele acestor vase se întâlnesc fascicule de celule musculare netede, situate circular și oblic. O dezvoltare puternică o are stratul muscular din tunica medie a colectorilor plexului iliac limfatic, vaselor limfatice paraaortale și trunchiurilor limfatice cervicale, care însoțesc venele jugulare. Fibrele elastice în tunica medie se pot deosebi după cantitate, grosime și direcție. Tunica externă a vaselor limfatice este formată din țesut conjunctiv fibros lax neordonat, care trece fără limite pronunțate în țesutul conjunctiv înconjurător. Uneori în tunica externă se întâlnesc celule musculare netede, situate longitudinal.

Pentru studierea structurii unui vas limfatic mare vom lua drept exemplu un trunchi limfatic principal — **canalul toracic drept**. Peretele lui are o structură variată la diferite niveluri. El este foarte dezvoltat la nivelul diafragmului (des. 155). În locul acesta în peretele vasului se evidențiază clar trei tunici, care după structură se aseamănă



**Des. 155.** Canalul limfatic toracic drept. Secțiune longitudinală (preparatul V. A. Kudreașova).

1—endoteliu, 2—miocite netede din tunica internă, orientate longitudinal, 3—miocite netede din tunica medie, amplasate circular, 4—tunica adventițială.

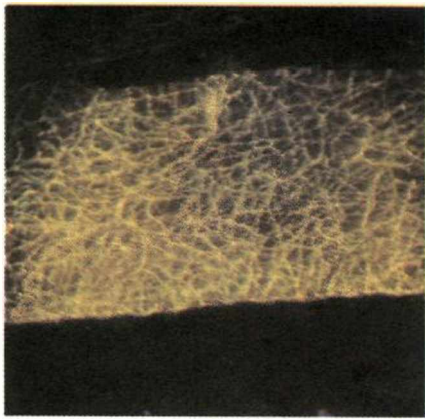


cu tunicile venei cave inferioare. Tunica internă și medie sînt evidențiate relativ slab. Citoplasma celulelor endoteliale este bogată în vezicule de pinocitoză. Aceasta indică transportul activ transendotelial al lichidului. Partea bazală a celulelor este neregulată. Membrana bazală nu este continuă.

În *stratul subendotelial* se întîlnesc fascicule de fibre colagene, situate lax. Puțin mai profund se află celulele musculare netede izolate, care în tunica internă sînt amplasate longitudinal, iar în cea medie — oblic și circular. La limita tunicii interne și medie uneori se evidențiază un *plex foarte dens de fibre elastice fine*, care se compară cu membrana elastică internă. Ca și în vasele sanguine, aceste fibre elastice se împletesc cu elementele asemănătoare ale altor tunici ale canalului toracic într-o carcasă elastică unică.

În tunica medie amplasarea fibrelor elastice în fond coincide cu direcția oblică și circulară a fasciculelor de celule musculare netede. Tunica externă a canalului toracic limfatic este de 3—4 ori mai groasă decît ambele tunici precedente și conține fascicule groase de celule musculare netede, situate longitudinal și despărțite de septurile țesutului conjunctiv. Grosimea straturilor musculare în canalul toracic limfatic drept, mai ales în tunica lui externă, se micșorează în direcția curentului limfatic. Totodată peretele orificiului canalului limfatic este de 2—3 ori mai subțire decît la nivelul diafragmului. De-a lungul canalului limfatic, în lumenul lui, se întîlnesc 9 valvule semilunare. Valva valvei este formată din aceleași elemente ca și tunica internă a canalului. La baza valvei, în peretele canalului există o îngroșare formată din aglomerarea țesutului conjunctiv și celulelor musculare netede, situate circular. În valvele valvelelor se întîlnesc celule musculare izolate, situate transversal.

**Vascularizația vaselor.** Toate vasele sanguine mari și medii au un sistem propriu de nutriție, care poartă denumirea de „vasele vaselor”. Ele aduc sîngele arterial în peretele vaselor din arterele care trec prin țesutul conjunctiv înconjurător. În artere vasele vaselor pătrund pînă în straturile profunde ale tunicii medii. Tunica internă a arterelor primește substanțe nutritive direct din sîngele ce circulă prin artera dată. Un rol însemnat în difuzia substanțelor nutritive prin tunica inter-



Des. 156. Plex nervos adrenergic în artera encefalului uman. Metoda Falc (preparatul L. D. Markina).

nă a arterelor îl joacă complexe proteico-glicozaminoglicane, care intră în componența substanței fundamentale a pereților acestor vase. Capilarele sanguine din pereții arterelor se adună în vene, care de cele mai multe ori, câte două, însoțesc artera corespunzătoare și se deschid în vena cea mai apropiată. În vene vasele vaselor aprovizionează cu sânge arterial toate cele trei tunici. Capilarele din pereții venelor se deschid în aceeași venă. Arterele și venele, care alimentează pereții vaselor limfatice mari, sînt separate.

Pe lângă vasele sanguine, în pereții arterelor, venelor și trunchiurilor limfatice, se întîlnesc, de asemenea, și vase limfatice.

**Inervația.** Vasele sînt aprovizionate cu nervi ai sistemului nervos vegetativ. De regulă, ei însoțesc vasele și se termină în pereții lor. Conform structurii, nervii vaselor sînt sau mielinici, sau amielinici, terminațiile nervoase senzitive în capilare sînt foarte variate. O trăsătură caracteristică a aparatului nervos senzitiv al arteriolelor este lungimea lor mare și polivalența — legătura cu fibrele nervoase terminale la venulele vecine și țesutul conjunctiv înconjurător. Receptorii în venule se ramifică frecvent în formă de tufă. În arterele de calibru mijlociu și mare diferiți receptori se localizează în toate tunicile vasului (des. 156). În straturile superficiale ale tunicii externe și în țesutul conjunctiv fibros lax perivascular se întîlnesc terminații nervoase incapsulate lamelare și neincapsulate, care formează plexul nervos perivascular (plexus nervorum perivascularis).

Anastomozele arteriolo-venulare au receptori compuși, situați concomitent pe anastomoză, arteriolă și venulă.

Fibrele nervoase efortorii se termină pe celulele musculare netede cu mici umflături. Efortorii de pe artere și vene sînt de același tip. Pe parcursul vaselor, mai ales al celor mari, se întîlnesc unele celule nervoase și mici ganglioni de origine simpatică.

**Modificările de vîrstă.** Structura vaselor se schimbă continuu în decursul vieții omului. Dezvoltarea vaselor sub influența eforturilor funcționale se termină la vîrsta de 30 de ani. Cu vîrsta, în pereții arterelor are loc proliferarea țesutului conjunctiv, ceea ce duce la indu-

rația lor. În arterele de tip elastic acest proces este mai pronunțat decît în celelalte artere. În substanța fundamentală a tunicii interne și medie se acumulează glicozaminoglicani sulfatați, de care depinde formarea fibrelor. După vîrsta de 60—70 de ani în tunica internă a tuturor arterelor se întîlnesc focare de indurație a fibrelor colagene, în urma cărora în arterele mari dimensiunile tunicii interne se apropie de grosimea tunicii medii. În arterele mici și medii tunica internă proliferază mai slab. Cu vîrsta membrana elastică internă se subțiază și se dezintegrează. Celulele musculare ale tunicii medii se atrofiază. Fibrele elastice sînt supuse necrozei granulare și fragmentării, pe cînd fibrele colagene proliferază. Totodată în tunica internă și medie la bătrîni apar calcificări, care progresează cu vîrsta. După 60—70 de ani în tunica externă apar fascicule de celule musculare netede, situate longitudinal.

Modificările de vîrstă în vene sînt asemănătoare cu cele din artere. Însă remodelarea peretelui venei umane are loc încă în primul an de viață. Astfel, în momentul nașterii omului, în tunica medie a venei femurale și a venelor subcutanate ale membrelor inferioare, sînt numai fascicule de celule musculare netede, orientate circular. Numai cînd omul începe să meargă (la sfîrșitul primului an de viață) și se mărește presiunea hidrostatică distală, se dezvoltă fasciculele musculare longitudinale. Lumenul venei în comparație cu lumenul arterei la adulți este mai mare (2 : 1) decît la copii (1 : 1). Dilatația lumenului venelor este cauzată de elasticitatea mică a peretelui venei și majorarea presiunii sanguine la adulți.

Vasele vaselor pînă la vîrsta de 50—60 de ani, de regulă, sînt puțin spasmate, după 65—70 de ani lumenul lor se dilată.

La bătrînețe vasele limfatice din diferite organe se caracterizează prin numeroase dilatații varicoase mici și noduri. În tunica internă a pereților trunchiurilor limfatice mari și canalului toracic la oameni, după vîrsta de 35 de ani, crește numărul de fibre colagene. Acest proces progresează evident la 60—70 de ani. Totodată numărul de fibre musculare și elastice se micșorează.

Vasele sanguine, și în special cele limfatice, suferă modificări profunde nu numai odată cu vîrsta, dar și la remodelarea funcțională a organelor, de exemplu în uter și în ovare, în legătură cu ciclul ovarian menstrual ș. a.

**Regenerarea vaselor.** Vasele sanguine și limfatice posedă o capacitate înaltă de regenerare. Refacerea defectelor peretelui vascular după lezarea lui începe cu regenerarea și creșterea endoteliului. Chiar la sfîrșitul primei și începutul zilei a doua, în locul fostei leziuni se observă diviziuni numeroase ale celulelor endoteliale.

Celulele musculare ale vasului lezat, de regulă, se restabilesc mai lent și incomplet, comparativ cu alte elemente tisulare ale vasului. Restabilirea lor are loc parțial prin diviziunea miocitelor și ca urmare a diferențierii miofibroblastelor. Elementele elastice se dezvoltă slab. În caz de secționare completă a vasului de calibru mijlociu și mare, regenerarea peretelui, de regulă, nu are loc fără intervenție chirurgicală, cu toate că restabilirea circulației sanguine în



regiunea corespunzătoare se poate observa foarte devreme. Aceasta se produce, pe de o parte, datorită refacerii compensatoare a vaselor colaterale, iar pe de altă parte — datorită dezvoltării și creșterii unor vase mici noi — capilare. Formarea capilarelor noi începe atunci când citoplasma celulelor endoteliale din arteriole și venule se tumefiază în formă de mugure, iar celulele endoteliale sînt supuse dividerii. Pe măsura creșterii mugurelui endotelial, în el apare o cavitate. Asemenea tuburi, ce se termină orb, cresc în întîmpinare reciprocă și fuzionează cu extremitățile. Septurile citoplasmice dintre ele se subțiază, apoi se rup și, în noul capilar format, se stabilește circulația sanguină.

Vasele limfatice, după lezarea lor, regenerează mai încet decît cele sanguine. Regenerarea vaselor limfatice poate avea loc pe contul înmuguririi extremităților distale ale tubilor endoteliali sau al restructurării capilarelor limfatice în vase de derivație.

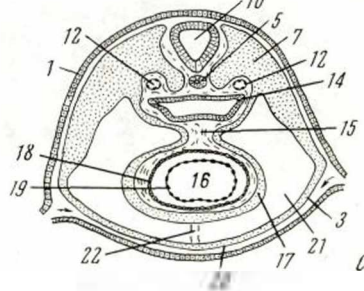
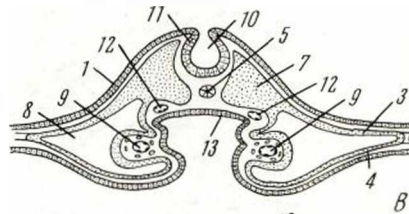
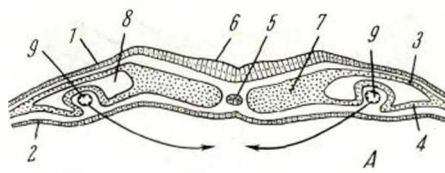
### INIMA

**Inima** (cord) este organul principal, ce pune în mișcare sîngele.

**Dezvoltarea.** Primul primordiu al cordului apare la începutul săptămîinii a treia de dezvoltare a embrionului, cu o lungime de 1,5 mm, sub formă de două aglomerări de celule mezenchimale, care sînt situate în partea posterioară a segmentului cefalic al scutului embrionar pe părțile laterale ale liniei medii sub foița viscerală a mezodermului. Mai tîrziu aceste aglomerări se transformă în doi tubi alungiți, care, împreună cu foițele viscerale adiacente ale mezodermului, proemină în cavitatea celomică a corpului (des. 157, A, B, C). În continuare tubii mezenchimali se contopesc și din pereții lor se formează *endocardul*.

Acele regiuni ale foițelor viscerale ale mezodermului, care sînt adiacente la acești tubi, au fost numite *plăci mioepicardiale*. Din plăcile acestea se diferențiază două porțiuni: una — internă, adiacentă la tubul mezenchimal, se transformă în primordiu *miocardului*, iar din cea externă se formează *epicardul*. Celulele primordiuului miocardului — cardiomioblastele — se divid, dimensiunile lor se măresc și în luna a doua de dezvoltare a embrionului în ele apar miofibrele cu striație transversală, care pleacă în diferite direcții. Liniile Z apar concomitent cu rețiculul sarcotubular și cu invaginările transversale ale membranei celulare (sistemele-T). În locurile de contact ale mioblastelor se evidențiază structuri asemănătoare cu desmozomii, care se transformă apoi în *discuri intercalare*. Pe parcursul perioadei de embriogeneză discurile intercalare reprezintă membranele slab contorte ale celulelor ce contactează. La sfîrșitul lunii a doua apar semne de formare a *sistemului de conducere* a inimii, care se deosebește printr-un număr mare de nucleu, prin diferențierea lentă a aparatului fibrilar ș. a. Spre sfîrșitul lunii a patra se termină formarea sistemului de conducere a inimii. Dezvoltarea țesutului muscular la ventriculul stîng are loc mai repede decît la cel drept.

*Valvulele inimii* — atrio-ventriculare și ventriculo-vasculare se dezvoltă de fapt ca o plică a endocardului. Valvula stîngă apare în formă



**Des. 157. Dezvoltarea inimii. Secțiune transversală a embrionului în trei stadii succesive de formare a inimii (după Štral, His și Born).**

A — două primordii ale inimii B — apropierea lor. C — contopirea într-un primordiu nepar. 1 — ectodermul, 2 — entodermul, 3 — foiaș parietală a mezodermului, 4 — foiaș viscerală a mezodermului, 5 — coarda, 6 — placa neurală, 7 — somită, 8 — cavitatea secundară a corpului, 9 — primordiu endotelial al inimii, 10 — șanțul neural, 11 — cordoanele neurale, 12 — aorta descendentă, 13 — formarea intestinului cefalic, 14 — intestinul cefalic, 15 — mezenterul cardiac spinal, 16 — cavitatea inimii, 17 — epicardul, 18 — miocardul, 19 — endocardul, 20 — pericardul, 21 — cavitatea pericardului, 22 — mezenterul cardiac abdominal în reducere.

de pilier endocardial în care mai târziu (la embrionul de 2,5 luni) începe să pătrundă țesutul conjunctiv din epicard. În luna a 4-a de embriogeneză din epicard în valva valvei intră un fascicul de fibre colagene, care formează apoi o placă fibroasă. Valvula dreaptă se formează ca un pilier musculo-endocardial. Începând cu luna a 3-a de dezvoltare a embrionului, țesutul muscular al valvei atrio-ventriculare drepte cedează locul țesutului conjunctiv, care pătrunde din partea epicardului și miocardului. La adulți țesutul muscular se păstrează în formă de rudiment numai din partea atriei în baza valvei. Astfel, valvulele atrio-ventriculare sînt nu numai derivatele endocardului, dar și ale țesutului conjunctiv al miocardului și epicardului.

*Valvulele aortale* au origine dublă: partea lor sinuzală se formează din țesutul conjunctiv al inelului fibros, care este acoperită cu endoteliu, iar ventriculară — din endocard.

Dezvoltarea aparatului nervos intramural al inimii umane începe în săptămîna a 7-a, cînd apar neuroblastele. În săptămînile a 9-a — 10-a se începe diferențierea lor, iar în a 12-a — apar primele sinapse.

**Structura.** În peretele inimii deosebim 3 tunici: internă — *endocardul*, medie sau musculară — *miocardul* și externă sau seroasă — *epicardul*.

**Endocardul.** Tunica internă a inimii — *endocardul* (endocardium) — căpтуșește pe dinăuntru camerele inimii, mușchii papilari corzile tendinoase, precum și valvulele inimii. Grosimea endocar-



**Des. 158** Endocardul și miocardul inimii umane.

1— endoteliu, 2— stratul subendotelial, 3— stratul musculo-elastic, 4— hemocapilare, 5— celule musculare atripice (miocite conductoare), 6— cardiomiocite tipice ale miocardului.

dului este diversă în diferite porțiuni. El este mai gros în camerele stîngi ale inimii, mai ales pe septul interventricular și la orificiul trunchiurilor arteriale mari — aortei și arterei pulmonare, iar pe corzile tendinoase endocardul este foarte subțire.

Din partea suprafeței, orientate în cavitatea inimii, endocardul este căptușit de *endoteliu*, format din celule poligonale, situate pe o *membrană bazală groasă* (des. 158). După el urmează *stratul subendotelial*, format din țesut

conjunctiv bogat în celule slab diferențiate. Mai profund este situat stratul *musculo-elastic*, în care fibrele elastice se împletesc cu celulele musculare netede. Fibrele elastice sînt mai bine pronunțate în endocardul atriilor decît în al ventriculelor. Celulele musculare netede sînt mai dezvoltate în endocard, în locul emergenței aortei și pot avea o formă multipolară. Cel mai profund strat al endocardului e cel *conjunctiv extern* — este situat la limita cu miocardul. El constă din țesut conjunctiv, care conține fibre elastice groase, fibre colagene și reticulare.

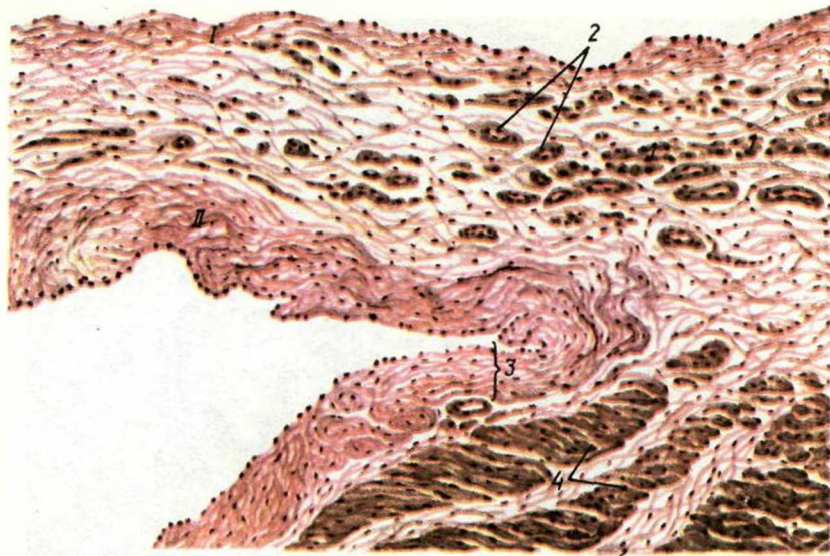
Nutriția endocardului se înfăptuiește în special prin difuzie pe contul sîngelui din camerele inimii. Vasele sanguine au fost identificate numai în stratul conjunctiv extern al endocardului.

**Valvulele.** Între atriile și ventriculele inimii, între ventricule și vasele mari, sînt situate valvulele.

*Valvula atrio-ventriculară* în partea stîngă a inimii este bicuspidă, în partea dreaptă — tricuspidadă. Ele reprezintă plăci subțiri de *țesut conjunctiv fibros dens*, acoperite de *endoteliu* (des. 159). Celulele endoteliale, ce acoperă valvula, parțial se acoperă una pe alta ca țigla, sau citoplasma uneia formează adîncituri digitiforme în citoplasma altei celule. Valvele valvulelor nu conțin vase sanguine. În stratul subendotelial se evidențiază fibre subțiri de colagen, care treptat trec în placa fibroasă a valvei valvulei, iar în locul fixării valvulelor bicuspidă și tricuspidadă — în inelele fibroase. Substanța fundamentală a valvei valvulei conține o cantitate mare de glicozaminoglicani.

Structura părților atriale și ventriculare a valvei valvulei nu este identică. Partea atrială are o suprafață netedă, aici în stratul subendotelial sînt amplasate un plex dens de fibre elastice și fascicule de





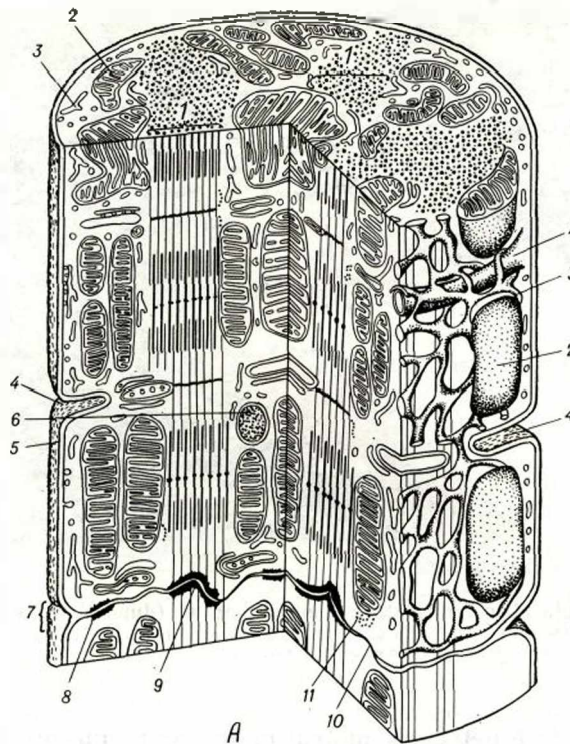
Des. 159. Valvula atrio-ventriculară a inimii omului. (după V. V. Sokolov).

I— partea atrială, II— partea ventriculară, 1— fibrele miocardului la baza valvei valvei, 2— vase sanguine, 3— endocardul ventriculului stîng, 4— miocardul ventriculului stîng.

celule musculare netede. Numărul de fascicule musculare crește vădit la baza valvei. Partea ventriculară are o suprafață neregulată. Ea este aprovizionată cu excrescențe, de la care încep *corzile tendinoase* (chordae tendineae). În regiunea aceasta sub endoteliu este situat un număr mic de fibre elastice.

La limita dintre partea ascendentă a arcului aortei și ventriculul stîng al inimii sînt situate *valvulele aortale*. Conform structurii, ele se aseamănă cu valvulele atrio-ventriculare și cu valvulele arterei pulmonare. Pe secțiunea verticală în valva valvei se pot deosebi trei straturi: intern, mediu și extern. Stratul intern, orientat spre ventriculul inimii, reprezintă o continuare a endocardului. Endoteliul stratului acestuia se caracterizează prin prezența fasciculelor de filamente ultramicroscopice cu grosimea de 5—8 nm și o mulțime de vezicule de pinocitoză. În stratul subendotelial se află fibroblaste cu prelungiri subțiri și lungi, ce susțin celulele endoteliale în formă de consolă. La stratul subendotelial aderă fascicule dense de fibrile colagene, amplasate longitudinal și transversal, după care urmează un strat intermediar mixt elasto-colagen. Stratul mijlociu este format din țesut conjunctiv fibros lax, bogat în elemente celulare. Stratul extern, orientat spre aortă, pe lângă endoteliu, conține fibre colagene, care încep de la inelul fibros din jurul aortei.

**Miocardul.** Tunica musculară a inimii (myocardium) este formată din celule musculare striate, strîns unite între ele, care formează „fibre” musculare funcționale, aranjate în planuri succesive



**Des. 160. Structura cardiomiocitului.**

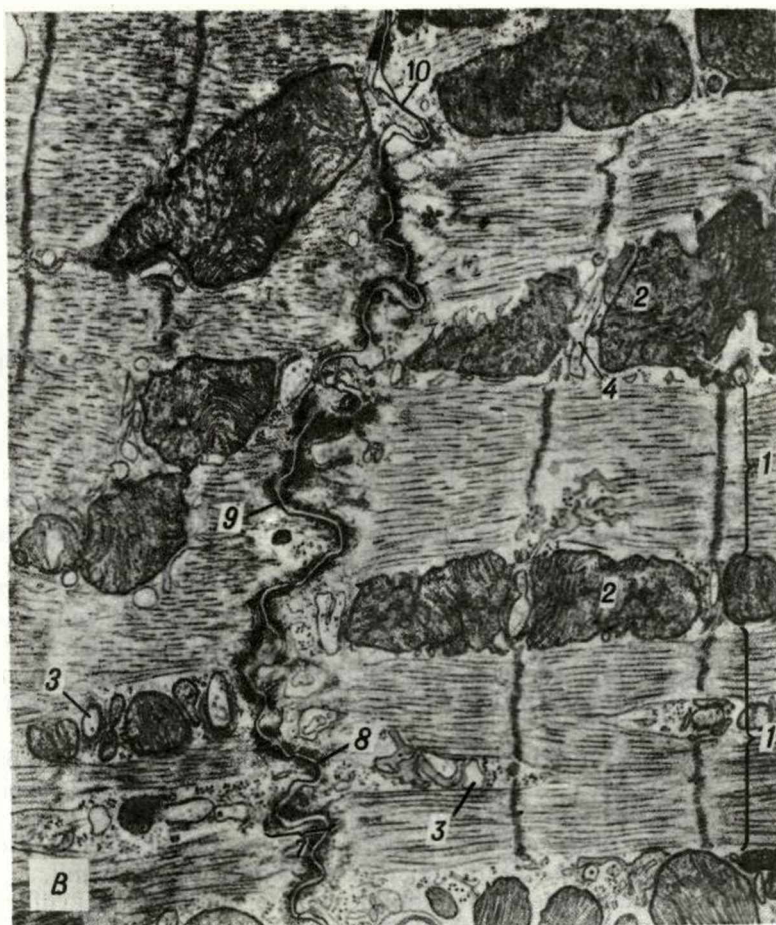
A — schemă (des. lu. f. Afanasiev și V. I. Goreacikina).

(vezi cap. X). Între elementele musculare ale miocardului sînt situate septuri de țesut conjunctiv lax, vase și nervi. Deosebim *celule musculare contractile* — *cardiomiocite* și *miocite cardiace conductoare*, ce fac parte din componența așa-numitului sistem conductor al inimii.

*Miocitele cardiace contractile* (myociti cardiaci) se caracterizează printr-un șir de particularități structurale și citochimice, care le deosebesc de cardiomiocitele conductoare și de fibrele musculare striate scheletale (des. 160).

Cardiomiocitele pe secțiunile longitudinale au formă aproape dreptunghiulară, lungimea lor variază între 50 și 120 mcm, iar lățimea este de 15—20 mcm. În partea centrală a miocitului sînt situați 1—2 nuclei de formă ovală sau alungită. Miofibrilele sînt amplasate longitudinal (vezi cap. X).

Spre deosebire de cardiomiocitele ventriculare, forma cărora este aproape cilindrică, miocitele atriale au mai des formă apofizată, conțin mai puține mitocondrii, miofibrile și reticul endoplasmatic. Tot aici este mai puțin evidențiată activitatea succinatdehidrogenazei, însă este mai înaltă activitatea fermenților, ce participă la metabolismul glico-



**Des. 160. (continuare).**

*B*— microfotografie electronică a discului intercalar. 1— miofibrile, 2— mitocondrii, 3— reticulul sarcoplubular, 4— tubii T, 5— membrana bazală, 6— lizozom; 7— discul intercalar, 8— desmozom, 9— zona de fixare a miofibrilelor, 10— contacte fisurale, 11— ribozomi.

genului (fosforilaza, glicogensintetaza ș. a.). Trăsăturile caracteristice ale acestor cardiomiocite sînt dezvoltarea relativ bună a reticulului granular și dezvoltarea intensă a complexului Golgi. Acești indici morfologici depind de prezența în cardiomiocitele atriale ale granulelor atriale specifice, la sinteza componentelor proteice ale cărora la început participă reticulul endoplasmatic granular, iar formarea definitivă a granulelor are loc în complexul Golgi. Granulele specifice atriale sînt bogate în glicoproteine. Mai multe date experimentale permit a presupune că glicoproteinele granulelor atriale, nimerind în sînge, leagă lipoproteinele, manifestînd prin aceasta o acțiune antitrombică. Afară de aceasta, cardiomiocitele atriale se aseamănă cu unele celule speciale,



situate lângă glomerulii renali, prin eliminarea unor substanțe (factorul sodiu uretic), care participă la reglarea presiunii arteriale, adică celulele acestea posedă funcție tensosenzorială.

Încă o trăsătură caracteristică, pe care o posedă cardiomiocitele atriale la mai multe mamifere, este dezvoltarea slabă a tubilor sistemului-T. În miocitele atriale unde lipsește sistemul-T, la periferia celulelor, sub sarcolemă, sînt situate numeroase vezicule de pinocitoză și caveole. Se presupune că aceste vezicule și caveole reprezintă analogii funcționali ai tubilor T.

Cardiomiocitele, ce formează „fibrele” musculare, comunică între ele în regiunea *discurilor intercalare* (disci intercalați). În preparatele histologice ele au aspectul unor linii întunecate. Structura discului intercalar nu este una și aceeași pe toată lungimea lui (vezi des. 160). Se deosebesc *desmozomi*, locuri de împletire a miofibrilelor în plasmalemă și *contacte fisurale*. Dacă primele două sectoare ale discului îndeplinesc funcția mecanică, al treilea îndeplinește legătura electrică a cardiomiocitelor. Cu ajutorul discurilor cardiomiocitele se unesc în fibre musculare. Între fibrele musculare vecine sînt anastomoze. Legăturile longitudinale și laterale ale cardiomiocitelor asigură unitatea funcțională a miocardului.

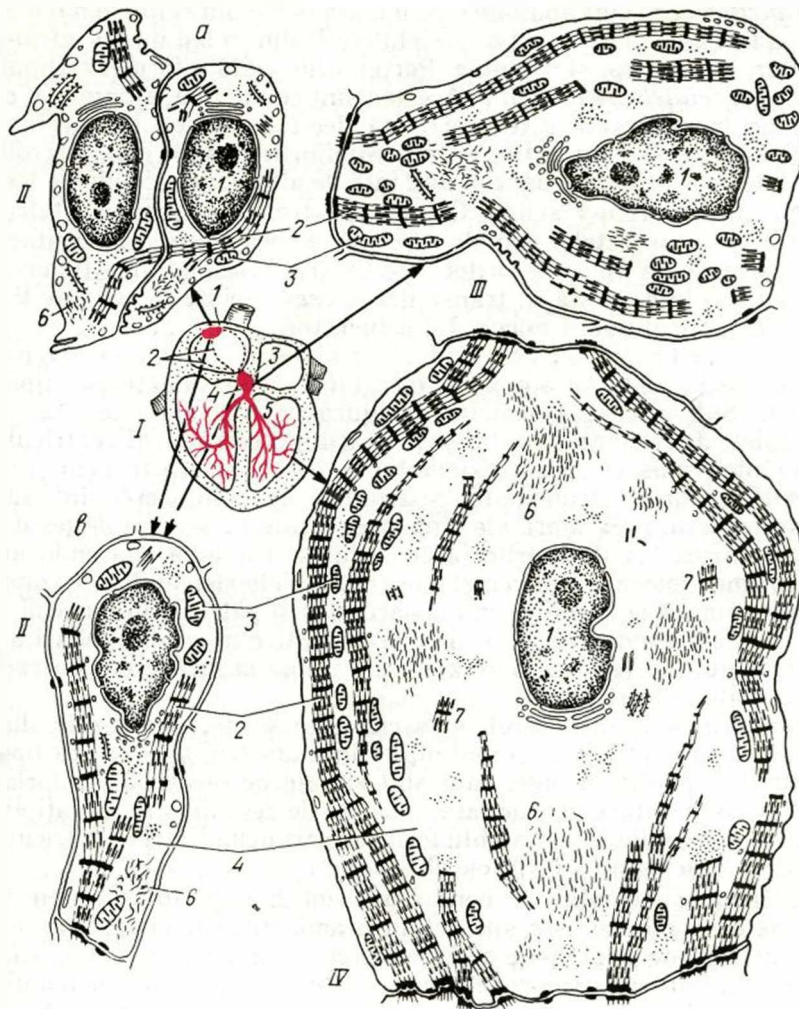
Fibrele musculare ale miocardului aderă la scheletul de sprijin al inimii, care este format din inele fibroase între atrii și ventricule și din țesut conjunctiv dens în orificiile vaselor mari. În afară de fasciculul de fibre colagene dense, în componența „scheletului” inimii se întîlnesc și numeroase fibre elastice, iar uneori sînt chiar și plăci cartilajinoase.

În țesutul conjunctiv interstițial sînt incluse numeroase capilare sanguine și limfatice. Fiecare miocit contactează cu 2—3 capilare.

Precum s-a menționat mai sus, altă varietate de miocite în miocard sînt *miocitele cardiace de conducere* (myocyti conducens cardiacus), care fac parte din așa-numitul sistem de conducere al inimii.

**Sistemul de conducere al inimii** (systema conducens cardiacum). Cu acest termen sînt numite celulele musculare, care formează și conduc impulsurile la celulele contractile ale inimii. În componența sistemului de conducere intră: *nodulul sinuzal*; *nodulul atrio-ventricular*, *fasciculul atrio-ventricular* (trunchiul, ramurile dreaptă și stîngă) și ramificările sale, care transmit impulsurile la celulele musculare contractile. Se deosebesc trei tipuri de celule musculare, care în diferite proporții se află în diferite sectoare ale acestui sistem (des. 161).

**Nodulii sistemului de conducere.** Formarea impulsului are loc în *nodulul sinuzal*, a cărui parte centrală o formează celulele de tipul întii — *conductorii ritmului, sau celulele pace maker* (celulele P), capabile să se contracteze spontan (vezi des. 161). Ele se disting prin dimensiuni mici, formă multipolară, cu diametrul maximal de 8—10  $\mu\text{m}$ , cu un număr mic de miofibrile, orientate neordonat. Miofilamentele în miofibrile sînt ambalate lax. Discurile A și I se evidențiază neclar. Mitocondriile nu-s mari, au o formă rotundă sau ovală și sînt puține la număr. Reticulul sarcoplasmatic este slab dezvoltat. T-sistemul lipsește, însă pe parcursul citolemei se află numeroase vezi-



**Des. 161.** Cardiomiocitele sistemului de conducere al inimii (după P. P. Rumeanțev).  
 I — schema amplasării elementelor sistemului de conducere a inimii, II — cardiomiocitele nodurilor sinuzal și atrioventricular, a — celule-P, b — celule de tranziție, III — cardiomiocitele din fasciculul lui His, IV — cardiomiocit din ramuri fasciculului (fibrele Purkinje). 1 — nucleu, 2 — miofibrile, 3 — mitocondrii, 4 — sarcoplasma, 5 — aglomerari de glicogen, 6 — filamente intermediare, 7 — complexe de miofilamente.

cule de pinocitoză și caveole, care măresc suprafața membranei celulare de două ori. Cantitatea înaltă de calciu liber, ce se află în citoplasma acestor celule și dezvoltarea slabă a reticulului sarcoplasmatic, determină capacitatea celulelor nodului sinuzal de a genera impulsurile pentru contractare. Acumularea energiei necesare este asigurată în cea mai mare parte de procesele de glicoliză. Între celule se întâlnesc desmozomi unici și nexusuri. La periferia nodului sunt situate *celulele*

*de tranziție*, care sînt analogice cu o bună parte din celulele nodului atrio-ventricular. Celulele P din nodul atrio-ventricular, din contra, sînt puține. Partea principală o formează tipul doi de celule, *celulele de tranziție*. Acestea sînt celule fine, alungite, a căror secțiune transversală este mai mică decît secțiunea transversală a cardiomiocitelor contractile tipice. Miofibrilele sînt mai dezvoltate, nu totdeauna orientate paralel una față de alta. Unele celule de tranziție pot conține tubi-T scurți. Celulele de tranziție comunică între ele cu ajutorul contactelor simple, precum și prin formarea contactelor mai compuse de tipul discurilor intercalare. Însemnătatea funcțională a acestor celule constă în transmiterea excitației de la celulele-P spre celulele fasciculului și miocardului lucrător.

Celulele fasciculului sistemului de conducere și ale ramurilor lui. Ele alcătuiesc tipul al treilea. Sub aspect funcțional asigură transmiterea excitației de la celulele de tranziție la celulele miocardului lucrător al ventriculelor.

Celulele musculare ale sistemului de conducere în trunchi și ramificările ramurilor trunchiului sistemului de conducere sînt situate în fascicule nu prea mari, ele sînt înconjurată cu septuri de țesut conjunctiv fibros lax. Ramurile fasciculului se ramifică sub endocard și în grosimea miocardului ventriculelor. Celulele sistemului de conducere nu numai că se ramifică în miocard, dar și pătrund în mușchii papilari. Aceasta condiționează întinderea de către mușchii papilari a valvelor valvulelor (stîngă și dreaptă) încă pînă la începerea contractării miocardului ventriculelor.

Conform structurii celulele fasciculului se deosebesc prin dimensiuni mai mari (15  $\mu$ m și mai mult) în diametru, aproape că lipsește sistemul-T, miofibrile fine, care sînt situate de obicei la periferia celulei, au o orientare neordonată. Nucleii, de regulă, sînt situați excenetric. Aceste celule în ansamblu formează trunchiul atrio-ventricular și ramurile fasciculului („fibrele Purkinje“).

Celulele sistemului de conducere sînt bogate în glicogen labil, care se descompune ușor sub acțiunea amilazei. Ele conțin mai puține ribonucleoproteide și lipide decît miocitele cardiace contractile. Cît privește activitatea oxidoreductoare a fermenților, în sistemul de conducere al inimii predomină enzimele, ce participă la glicoliza anaerobă (fosforilaza, dehidrogenaza acidului lactic). Este scăzută activitatea fermenților aerobi ai ciclului acizilor tricarbonici (dehidrogenaza acizilor malic, izocitric cetoglutamic) și lanțului mitocondrial de trecere a electronilor. În fibrele conductoare nivelul potasiului este scăzut, iar al calciului și sodiului mai înalt, în comparație cu cardiomiocitele contractile.

În miocard sînt multe fibre nervoase aferente și eferente. Sinapsurile tipice neuro-musculare aici lipsesc. Excitarea fibrelor nervoase, ce înconjoară sistemul de conducere și nervilor, care se apropie de inimă, provoacă schimbarea ritmului contractărilor cordului. Aceasta indică rolul hotărîtor al sistemului nervos în ritmul activității cardiace, prin urmare și în transmiterea impulsurilor prin sistemul de conducere.



**Epicardul și pericardul.** Tunica externă a inimii, sau *epicardul* (epicardium), reprezintă foița viscerală a pericardului (pericardium). Epicardul este format dintr-o lamă subțire (0,3—0,4 mm) de țesut conjunctiv, compact concrescută cu miocardul. Suprafața liberă a ei este acoperită de *mezoteliu*. În baza de țesut conjunctiv al epicardului se disting stratul superficial de fibre de colagen, stratul de fibre elastice, stratul profund de fibre de colagen și stratul profund colagen-elastic, care constituie aproape 50% din toată grosimea epicardului. Pe atrii și pe unele sectoare din ventricule ultimul strat lipsește sau este foarte lax. Aici uneori lipsește și stratul superficial de colagen. Între epicard și pericard există un spațiu fisureal, care conține o cantitate mică de lichid ce îndeplinește rolul de unguent.

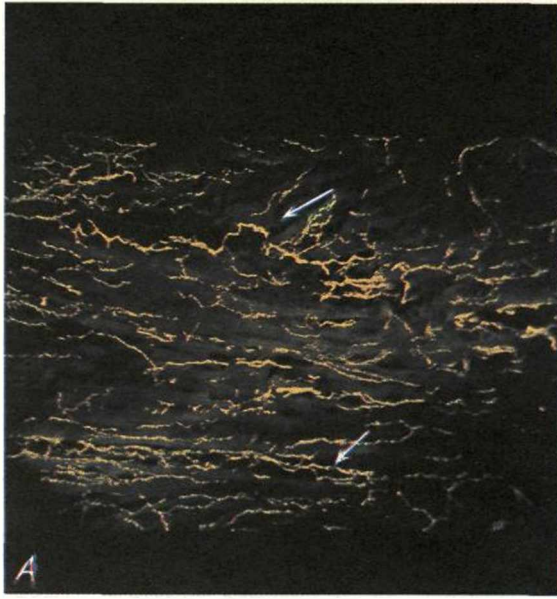
În pericard țesutul conjunctiv de bază este mai dezvoltat decît în epicard. În el sînt multe fibre elastice, mai ales în stratul profund. Suprafața pericardului, orientată spre cavitatea pericardică, de asemenea este acoperită de mezoteliu. Pe parcursul vaselor sanguine se întîlnesc aglomerări de celule adipoase. Epicardul și foița parietală a pericardului conțin numeroase terminațiuni nervoase, mai ales de tip liber.

**Vascularizația.** Arterele coronare au o carcasă elastică densă, în care se evidențiază clar membrana elastică internă și externă. Celulele musculare netede în artere se evidențiază în formă de fascicule longitudinale în tunicile internă și externă. La baza valvulelor inimii, în locul inserției valvelor valvulelor vasele sanguine se ramifică în capilare. Sîngele din capilare se adună în venele coronare, care se varsă în atriu drept sau în sinusul venos. Sistemul de conducere al inimii, îndeosebi nodulii lui, este aprovizionat din abundență cu vase sanguine. Vasele limfatice în epicard le însoțesc pe cele sanguine. În miocard și endocard ele trec independent și formează rețele dense. Capilarele limfatice au fost identificate și în valvulele atrio-ventriculare și aortale. Din capilare, limfa, care se scurge de la inima, se îndreaptă în ganglionii limfatici paraaortali și parabronșici. În epicard și pericard se află plexurile de vase sanguine ale rețelei microcirculațoare.

**Inervația.** În peretele inimii se disting cîteva plexuri nervoase (în special din fibre amielinice de origine adrenergică și colinergică) și ganglioni. Cea mai densă amplasare a plexurilor nervoase se observă în peretele atrului drept și în nodulul sinuzal al sistemului conductor.

Terminațiunile nervoase receptoare în peretele inimii (libere și incapsulate) sînt formate din neuronii ganglionilor nervului vag și neuronii ganglionilor spinali (C<sub>7</sub>—Th<sub>6</sub>) și în afară de aceasta, din ramificațiile dendritelor neurocitelor ce aparțin ganglionilor intraviscerali (neuronii aferenți).

Porțiunea efectorie a arcului reflex în peretele inimii este reprezentată de fibre nervoase de origine colinergică, situate printre cardiomiocite și de-a lungul vaselor sanguine, formate de axonii neurocitelor (neuronii eferenți), situate în ganglionii cardiaci. Neurocitele pri-



**Des. 162.** Fibre nervoase adrenergice (A) și colinergice (B), și celule mici cu fluorescență intensă — celule M.F.I. (C, D).

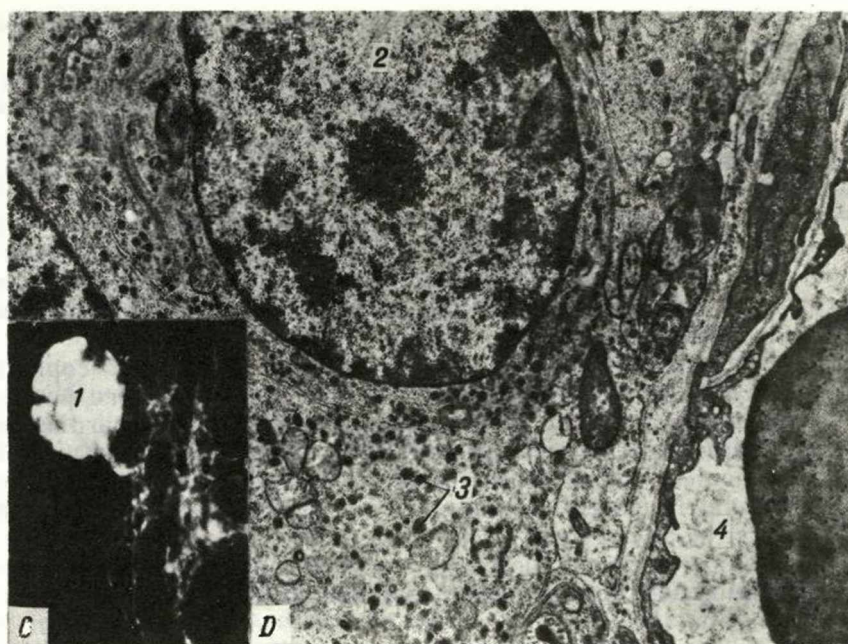
A — metoda aluminiiu-formaldehidă (preparatul lui P. A. Stropus).  
B — metoda M. Karnovski.



mesc impulsurile prin fibrele preganglionare din neuronii nucleilor bulbului rahidian, care pătrund aici în componența nervului vag. Fibrele nervoase efectoare adrenergice sînt formate din ramificațiile axonilor, ce aparțin neuronilor din ganglionii lanțului nervos simpatic. Neuronii dați se termină de asemenea cu sinapse și fibrele preganglionare — axonii neuronilor nucleilor simpatici din coarnele laterale ale măduvei spinării. Efectorii reprezintă îngroșări varicoase, ce conțin vezicule sinaptice de-a lungul fibrelor nervoase adrenergice.

În componența ganglionilor nervoși ai inimii intră și așa-numitele celule mici cu fluorescență intensă — celule MFI, bogate în catecolamine (des. 162; A, B, C, D), pe suprafața cărora sînt identificate terminațiuni nervoase atât adrenergice, cît și colinergice ale inimii și care sînt considerate neuroni intercalari, ce elimină mediatorii săi în rețeaua vasculară.

**Modificările de vîrstă.** În decursul ontogenezei se pot identifica trei perioade



**Des. 162 (continuare).**

*C* — imaginea microscopică fluorescentă. *D* — microfotografie electronică (preparatul lui A. A. Sosunov și V. N. Șvaliov). 1 — celulă mică cu fluorescență intensă; 2 — nucleu; 3 — granule de secreție; 4 — hemocapilar.

de schimbare a histostrucurii inimii: perioada de diferențiere, perioada de stabilizare și perioada de involuție.

Diferențierea elementelor histologice ale inimii, care începe încă în perioada embrionară, se termină la 16—20 de ani. O influență însemnată în procesul diferențierii cardiomiocitelor și morfogenezei ventriculelor o are atrezia orificiului oval și canalului arterial, care conduce la schimbarea condițiilor hemodinamice: scăderea presiunii și rezistenței în circuitul mic și majorarea presiunii în cel mare. Concomitent se observă atrofia fiziologică a miocardului ventriculului drept și hipertrofia fiziologică a miocardului ventriculului stâng. În procesul diferențierii miocitele cardiace devin mai bogate în sarcoplasmă, în urma cărui fapt se micșorează raportul nucleoplasmatic. Cantitatea de miofibrile se mărește progresiv. Celulele musculare ale sistemului de conducere se diferențiază mai repede decât cele contractile. La diferențierea stromei fibroase a inimii se observă o micșorare treptată a cantității de fibre reticulare și substituirea cu fibre colagene mature.

Între 20—30 de ani, la o forțare fiziologică normală, inima omului se află într-un stadiu de stabilizare relativă. La vârsta de 30—40 de ani în miocard de obicei se începe o oarecare majorare a țesutului