

Capitolul X

ȚESUTURILE MUSCULARE

Funcția principală a țesuturilor musculare (*textus muscularis*) este de a asigura deplasarea în spațiu a organismului în ansamblu și a părților lui. Aceasta se realizează prin faptul că elementele acestor țesuturi au posibilitatea de a-și schimba forma sub influența impulsului declanșator — de a se contracta. Proprietatea de a-și schimba forma o posedă și celulele altor țesuturi. Însă în țesuturile musculare această posibilitate devine principala lor funcție. Contractiile musculare sînt însoțite permanent de modificările potențialelor membranice, înregistrarea cărora joacă un rol important în diagnoza actuală.

CARACTERISTICA MORFOFUNCȚIONALĂ ȘI CLASIFICAREA ȚESUTURILOR MUSCULARE

Structura elementelor țesuturilor musculare: forma alungită, miofibrilele, situate longitudinal și care asigură contractia, corespunde funcției lor principale. Modificarea formei elementelor contractile ale țesuturilor musculare depinde de interacțiunea moleculelor de proteine contractile — *actina și miozina*, care se realizează cu participarea altor proteine și a ionilor de calciu. Elementele structurale ale țesuturilor musculare sînt bogate în mitocondrii, deoarece pentru a se produce contractia este necesară o cantitate mare de energie. Citoplasma lor conține de asemenea mult *glicogen și mioglobină*.

Clasificarea morfofuncțională. Toate țesuturile musculare reprezintă grupa morfofuncțională, iar în dependență de structura organelor contractile ea se împarte în două subgrupe.

Prima subgrupă — *țesuturile musculare netede (nestriate) (textus muscularis nonstriatus)* — se caracterizează prin faptul că filamentele de actină (miofilamentele actinice) și filamentele de miozină (miofilamentele miozinice), situate în citoplasma celulelor musculare netede — miocite, formează miofibrilele contractile, la care lipsește striația transversală. Colorate cu coloranți speciali, ele se observă și la microscopul optic sub formă de filamente (netede), situate longitudinal și colorate uniform pe toată lungimea.

A doua subgrupă — *țesuturile musculare striate (textus muscularis striatus)* — este formată din elemente musculare, care în componența organelor speciale conțin permanent și protofibrile actinice și miozinice; împreună ele formează miofibrilele. Aranjarea reciprocă a protofibrilelor actinice și miozinice creează striația transversală. Țesuturile musculare striate se contractă mai repede decît cele netede.

SURSELE DE DEZVOLTARE A ȚESUTURILOR MUSCULARE

Se cunosc 5 surse de dezvoltare a țesuturilor musculare, iar ultimele se împart în 5 tipuri histogenetice: *mezenchimale, epidermale, neurale, celomice și somatice (miotomice)*.

Primele trei tipuri fac parte din subgrupa de țesuturi musculare netede, a patra și a cincea — din subgrupa de țesuturi striate.

ȚESUTURILE MUSCULARE NETEDE

Țesutul muscular de proveniență mezenchimală

Histogeneza. În etapele de dezvoltare embrionară celulele-stem și celulele-precursori ale acestui țesut nu sînt identificate deocamdată. Posibil, ele sînt înrudite cu precursorii fibroblastelor țesutului conjunctiv și, fiind de acum determinate, sînt localizate în componența mezenchimului. Ca și fibroblastele, ele sintetizează glicozaminoglicani și molecule de collagen, din care în afara celulei se realizează formarea matricei membranei bazale și a fibrelor. La celulele definitive (miocite) posibilitatea de sinteză e scăzută, însă nu dispăre complet.

Structura și particularitățile funcționale. Miocitul neted reprezintă o celulă fusiformă cu lungimea de 20—500 μm și grosimea de 5—8 μm (des. 95). Nucleul digitiform este situat în partea lui centrală. Cînd miocitul se contractă el se îndoaie sau devine spiralat.

Organitele de tip general, printre care se află numeroase mitocondrii, sînt concentrate la polii nucleului (în endoplasmă). Complexul Golgi și reticulul endoplasmatic, în special granular, sînt slab dezvoltate, deoarece funcțiile sintetice sînt puțin pronunțate. Ribozomii în majoritatea cazurilor sînt situați liber. Citolema formează numeroase incizuri — *vezicule de pinocitoză și caveole*. Prin intermediul lor în citoplasmă pătrund ionii de calciu.

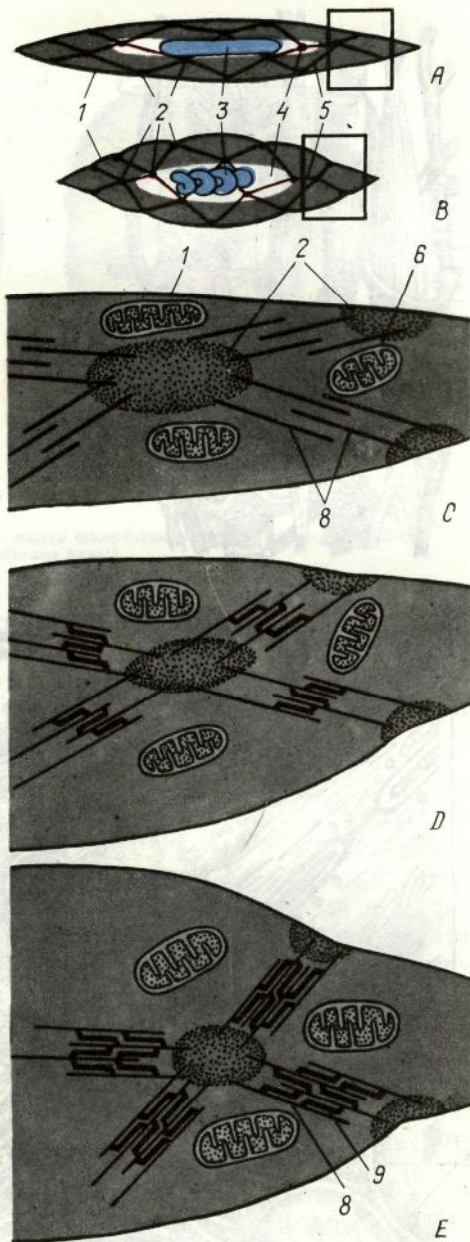
Miofilamentele actinice sînt situate în citoplasmă cel mai des longitudinal sau sub un unghi la axul lung al celulei, formînd o rețea tridimensională. Pe electronmicrografi locurile de inserție a lor la citolemă, sau una la alta se observă ca corpusculi electrondenși. Ei sînt formați din proteina α -actină. În acei corpusculi, care se inseră la plasmalemă, s-a evidențiat vinculina. Uneori ei se observă ca pete întunecate și la studierea celulelor cu microscopul optic. Miofilamentele miozinice sînt așezate în citoplasma miocitului longitudinal. La contracție se observă redistribuirea filamentelor actinice și miozinice în raport unele cu altele. Filamentele actinice paralele, datorită acțiunilor intermoleculare cu miozina, se deplasează întru întîmpinarea altora, energia tracțiunii se transmite citolemei și configurația celulei se modifică.

Fiecare miocit este înconjurat de *membrana bazală*. În ea se află orificii, în regiunea cărora între două miocite vecine se formează joncțiuni în forma de fantă (*nexusuri*), care asigură interacțiunile funcționale ale miocitelor. În membrana bazală sînt intercalate numeroase fibrile reticulare. La capetele celulelor citolema formează incizuri înguste și subțiri, în ele pătrund aceste fibrile și lor li se transmite efortul, care se dezvoltă în timpul contracției. Fibrilele reticulare, elastice și de collagen formează în jurul celulelor musculare o rețea tridimensională — endomisiu care întrunește miocitele adiacente (des. 96).

Regenerarea. Regenerarea fiziologică a țesutului muscular neted de

Des. 95. Structura miocitului neted (nestrîiat) (schemă).

A, C — la relaxare; B, E — la contracție maximă; D — la contracție incompletă: 1 — citolema; 2 — corpusculi denși; 3 — nucleu; 4 — endoplasma; 5 — complexe contractile; 6 — mitocondrii; 7 — membrana bazală; 8 — miofilamente actinice (subțiri); 9 — miofilamente miozinice (groase). C, D, E — imaginea mărită a porțiunii, luată în ramă pe fragmentele A și B.

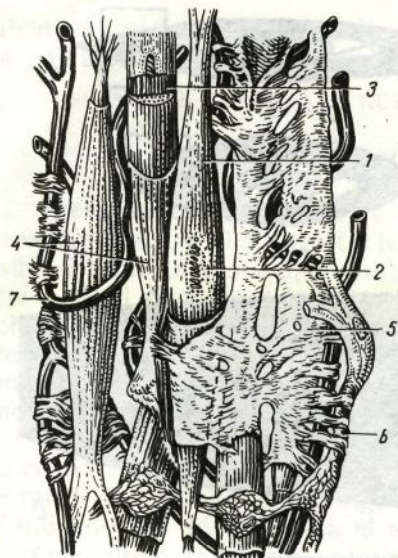


obicei se manifestă în condițiile de eforturi funcționale maxime sub formă de hipertrofie vicariantă. Aceasta se observă mai evident în tunica musculară a uterului în timpul gestației. În miocite se intensifică procesele sintetice, se activează nucleii, crește numărul elementelor reticulului endoplasmatic, numărul ribozomilor și complexul Golgi. Unele miocite încep a se divide. Nu este exclusă nici posibilitatea transformării miofibroblastelor în miocite. La regenerarea reparativă este posibilă restabilirea țesutului pe contul acestor două surse.

Țesutul muscular de proveniență epidermală

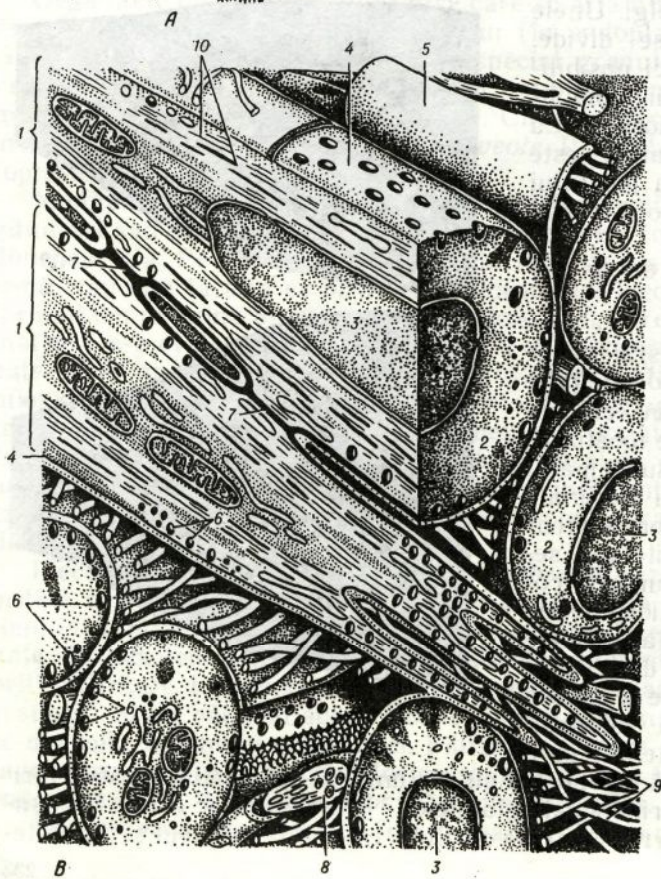
Elementele acestui țesut sînt *celulele mioepiteliale*, care se dezvoltă din ectodermul cutanat. Ele se localizează în glandele sudoripare, salivare, mamare și lacrimale și se diferențiază concomitent cu celulele lor epiteliale secretoare din precursori comuni. Celulele mioepiteliale aderă nemijlocit la celulele epiteliale, de aceea de la țesutul conjunctiv pe ele le separă membrana bazală comună.

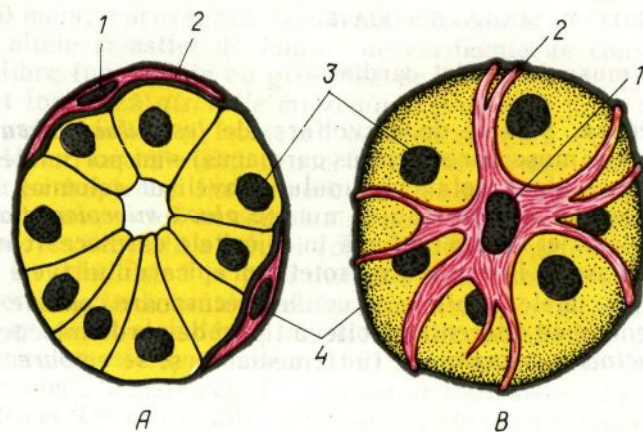
Celulele mioepiteliale au o formă stelată și cuprind cu prelungirile lor porțiunile secretorii și ducturile excretorii mici ale glandelor; le mai numesc *celule în coșuleț* (des. 97). În partea centrală a celulei este situat nucleul și organe-



Des. 96. Schema structurii țesutului muscular neted (nestriat) la nivel optic (A) și ultramicroscopic (B).

A: 1 — miocit neted; 2 — nucleu; 3 — fascicule de miofilamente; 4 — sarcolema; 5 — endomisiu; 6 — nerv; 7 — capilar sanguin (după Creoling și Grau). B: 1 — miocite netede fusiforme; 2 — citoplasma miocitului; 3 — nucleul miocitului; 4 — citolema; 5 — membrana bazală; 6 — vezicule de pinocitoză superficială; 7 — joncțiuni intercelulare; 8 — terminație nervoasă; 9 — fibrile de colagen; 10 — microfilamente (după R. Cristici cu modificări).





Des. 97. Celule mioepiteliale în porțiunea secretoare a glandei salivare (des. lui G. S. Catinas).

A — secțiune transversală; B — reconstrucție. 1 — nucleii mioepiteliocitelor; 2 — prelungirile mioepiteliocitelor; 3 — nucleii epiteliocitelor secretorii; 4 — membrana bazală.

le de tip general, iar în prelungiri — aparatul contractil, organizat identic ca și în miocitele nestriate de proveniență mezenchimală. Contractându-se prelungirile contribuie la eliminarea secreției din glande. În procesul regenerării și celulele mioepiteliale, și celulele epiteliale secretorii se dezvoltă din celulele slab diferențiate comune de proveniență epidermală.

Țesutul muscular de proveniență neurală

Miocitele acestui țesut se dezvoltă din celulele primordului neural în componența peretelui globului ocular. Conform structurii, ele prezintă miocite nestriate cu aparatul contractil organizat corespunzător. Ele intră în componența a doi mușchi ai irisului ocular-dilatator și constrictor al pupilei.

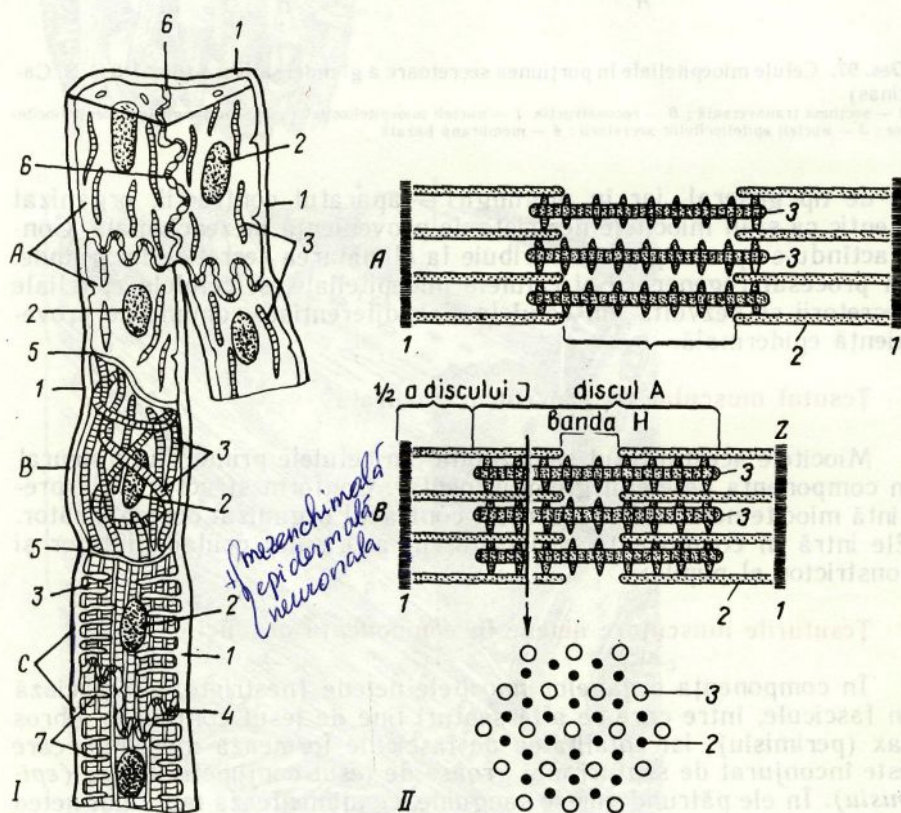
Țesuturile musculare netede în componența organelor

În componența organelor miocitele netede (nestriate) se asociază în fascicule, între care se află septuri fine de țesut conjunctiv fibros lax (perimisiu), iar totalitatea de fascicule formează mușchiul, care este înconjurat de septuri mai groase de țesut conjunctiv fibros (*epimisiu*). În ele pătrund vasele sanguine, ce alimentează mușchiul neted și fibrele nervoase, care se termină nu direct pe miocite, ci între ele. De aceea porțiunile de mediator eliminate de centrul nervoși, care dirijează impulsurile, se răspîndesc difuz între celule și imediat excită multe din ele. Mușchii netezi se întâlnesc în pereții multor organe interne, formînd în ei straturi și tunici (de exemplu în organele respiratorii în tractul gastrointestinal, în vasele sanguine ș. a.).

TESUTURILE MUSCULARE STRIATE

Țesutul muscular striat cardiac

Histogeneza. Sursele de dezvoltare ale țesutului muscular striat cardiac (*textus muscularis striatus cardiacus*) sînt porțiunile simetrice ale foii viscerale a splanctotomului (învelișul celomic) în partea cervicală a corpului embrionului, numite *placă mioepicardială*. Majoritatea celulelor ei se diferențiază în miocitele cardiace (cardiomioците), cele rămase — în celulele mezoteliului epicardului (vezi cap. XV). Probabil că și unele, și altele au celule precursorare comune. În procesul histogenezei se diferențiază cîteva tipuri de cardiomioците: *contractile, conductoare, tranzitoare* (intermediare) și *secretoare* (vezi cap. XV).



Des. 98. Miocite cardiace (cardiomioците) (des. lui G. S. Katinas).

I — schema structurii ultramicroscopice a trei tipuri de cardiomioците: conductoare (A), intermediare (B) și lucrătoare (C). 1 — membrana bazală; 2 — nucleii celulelor; 3 — miofibrile; 4 — jonțiunea cardiomiocitelor lucrătoare (disc intercalare); 5 — jonțiunile cardiomiocitelor intermediare și cu cardiomiocitul conductor și cu cardiomiocitul conductor; 6 — jonțiunile cardiomiocitelor conductoare; 7 — tubul transversal (organitele de tip general nu-s arătate). II — schema contracției sarcomerului. A — stare de relaxare; B — stare de contracție; 1 — telofragma (linia Z); 2 — miofilamente subțiri (actinice); 3 — miofilamente groase (miozinice).

Structura cardiomiocitelor contractile. Celulele au o formă alungită (100—150 mcm) aproximativ cilindrică. Extremitățile lor contactează unele cu altele și astfel de lanțuri de cardiomiocite constituie așa-numitele fibre funcționale cu grosimea de 10—20 mcm, iar regiunile de contact formează *discurile intercalare* (vezi mai jos). Cardiomiocitele se pot ramifica și formează o rețea spațială (vezi cap. XV). Suprafețele lor laterale sînt acoperite de *membrana bazală*, în care la exterior se împletesc fibrele reticulare și de colagen fine.

Nucleul (sau nucleii în caz că sînt doi) ce are o formă ovală este situat în partea centrală a celulei (des. 98). Majoritatea nucleilor sînt poliploizi. În citoplasmă la polii nucleilor sînt concentrate *organitele* de tip general, inclusiv centrul celular, complexul Golgi, reticulul endoplasmatic granular slab dezvoltat, lizozomi izolați. Reticulul endoplasmatic agranular este bine dezvoltat. El formează cisterne subsarcolemale, care aderă la sistemele T și constituie tubii sistemelor L, anastomozăți între ei. Tot aici se află *incluziuni* de glicogen și lipide. Incluziunile de mioglobină sînt repartizate uniform în citoplasmă. Mitochondriile formează lanțuri în jurul *organitelor speciale* — *miofibrilelor*.

Miofibrilele sînt constituite din filamente de *actină și miozină* — proteine contractile situate în permanență normalizat. Pentru fixarea lor există structuri speciale — *telofragmele și mezofragmele*, formate din alte proteine. Telofragmele reprezintă rețele din molecule proteice, întinse transversal în celulă și fixate de citolemă. În cardiomiocitele secționare longitudinal ele apar ca linii cu grosimea de circa 100 nm și poartă denumirea de *linii Z*. Segmentul miofibrilei dintre două telofragme se numește *sarcomer* (des. 98). În mijlocul lui se situează *mezoфрагма* (linia M în secțiune longitudinală). De la mezoфрагма în direcția telofragmei pleacă filamentele de miozină, iar de la telofragmă în întîmpinarea lor — filamentele de actină. Ele se întîlnesc și o oarecare distanță merg paralel, însă fiecare filament gros e însoțit de 6 miofilamente subțiri (actinice).

În secțiune segmentul sarcomerului, ocupat de linia M și de zonele aderente, în care sînt situate numai filamentele miozinice, poartă denumirea de *bandă H* (zonă clară), iar segmentul în care sînt situate filamentele de miozină și parțial de actină — *banda A* (discul A). Segmentele a două sarcomere vecine, bisectate de linia Z, care conțin numai filamente de actină, alcătuiesc împreună *banda I* (discul I). Denumirea benzilor a apărut datorită organizării moleculare diferite; în regiunea *benzii I* refracția razelor luminii polarizate este *izotropă*, iar în regiunea *benzii A* — *anizotropă*. Între miofibre se localizează mitocondriile și reticulul endoplasmatic agranular. Mitochondriile care separă miofibrilele sînt foarte mari și formează o rețea tridimensională (des. 99, III) cu localizarea mai densă în regiunea discului I.

Citolema la nivelul telofragmelor formează impresiuni canaliforme profunde, numite *tubii transversali* (tubulus transversus) sau *tubii T*; în ei pătrunde și membrana bazală. Acest sistem are o importanță funcțională enormă, deoarece asigură transmiterea rapidă a potențialului de acțiune la fiecare miofibrilă. În citoplasmă canaliculele re-

ticulului endoplasmatic agranular se situează de cele mai multe ori longitudinal între miofibrile și, anastomozînd unele cu altele, ajung tubii T și parcurg paralel cu ei o anumită distanță.

În regiunea discurilor intercalare diverse porțiuni ale extremităților cardiomiocitelor nu se termină la același nivel. Partea proeminentă a unui cardiomiocit intră în partea adîncită a celuilalt. Suprafețele de contact ale celulelor formează conexiuni digitiforme (interdigitații) și numeroși desmozomi. În ei se împletesc filamentele actinice ale miofibrilei din cel mai apropiat sarcomer. Suprafețele laterale ale proeminențelor (paralele cu axul lung al celulei) aderă între ele și se asociază prin numeroase nexusuri. În regiunea interdigitațiilor și desmozomilor cardiomiocitele se unesc strîns unele cu altele și aceasta asigură dezvoltarea unui efort unic la contracția multor celule vecine. În regiunea nexusurilor se realizează interacțiunile ionice și chimice, care contribuie la sincronizarea contracției cardiomiocitelor.

Histofiziologia contracției. Atunci cînd cardiomiocitul e relaxat, în canaliculele reticulului endoplasmatic agranular se acumulează ionii de calciu. Sub influența potențialului de acțiune, care se răspîndește pe citolemă și pe tubii T, se elimină ionii de calciu, ei se leagă cu miofibrilele și inițiază contracția. Ionii de calciu acționează reciproc cu proteinele de reglare — troponina și tropomiozina, după aceasta miofilamentele actinice și miozinice pot interacționa cu ajutorul lanțurilor laterale specializate și se pot deplasa una spre alta. Deoarece capetele filamentelor actinice se apropie de linia M, banda H se îngustează, concomitent devine mai îngustă și banda I, deoarece capetele filamentelor miozinice se apropie de telofragme. În același timp lățimea benzii A nu se schimbă. În urma deplasării reciproce de întîmpinare a filamentelor de actină și miozină telofragmele se apropie, însă, deoarece ele sînt fixate de citolemă, se scurtează și tot cardiomiocitul.

Particularitățile de structură a cardiomiocitelor conductoare. Celulele sînt considerabil mai mari decît cardiomiocitele contractile (lungimea de circa 100 mcm, iar grosimea de circa 50 mcm), fapt ce permite a le deosebi ușor în preparate.

Citoplasma conține toate organele de tip general: mitocondriile mici sînt repartizate uniform. Miofibrilele sînt puține și amplasate la periferia celulei. Citolema nu formează sisteme T. Cardiomiocitele conductoare se unesc unele cu altele în fibre nu numai cu capetele, ci și cu suprafețele laterale.

Între cardiomiocite se formează *discurile intercalare* cu o structură mai simplă decît între cardiomiocitele contractile. În ele se observă mai rar *interdigitați*, *desmozomi* și *nexusuri*.

Funcția principală a acestor cardiomiocite este de a percepe semnalul conductor de la elementele pacemaker și de a-l transmite cardiomiocitelor contractile. Fibrele constituite din cardiomiocite conductoare se ramifică între cardiomiocitele contractile și le furnizează cu impulsuri excitante.

Posibilitățile de regenerare a țesutului muscular cardiac. În stare definitivă țesutul muscular cardiac nu conține nici celule-stem, nici

celule precursorare, de aceea, cînd cardiomiocitele se distrug (infarct) în urma traumei sau cînd încetează pătrunderea prin vasele sanguine a substanțelor nutritive și a oxigenului, ele nu se restabilesc.

Țesutul muscular striat scheletal

Histogeneza. Sursa de dezvoltare a elementelor țesutului muscular striat scheletal (*textus muscularis striatus sceletalis*) sînt celulele miotomilor. Unele din ele se diferențiază imediat, altele migrează din miotomi în mezenchim. Ele de acum sînt determinate în direcția dezvoltării elementelor țesutului muscular, deși la exterior nu se deosebesc de alte celule ale mezenchimului. Diferențierea lor continuă în locurile primordiilor viitorilor mușchi. Diferențierea celulelor-precursorare este asemănătoare atît în regiunea miotomilor, cît și după migrație. Totodată apar două linii de diferențiere. Celulele uneia din ele se contopesc, formînd structuri simplastice — *tubii musculari (miotubii)*. În ei are loc diferențierea organitelor speciale — miofibrilelor, care la început se localizează sub plasmalemă, iar apoi umple aproape tot miotubul. Nucleii, din contra, din regiunile centrale se deplasează la periferie, deci apare starea definitivă — formarea *miosimplastului*. Celulele altei linii rămîn independente, se diferențiază în *miosatelitocite*.

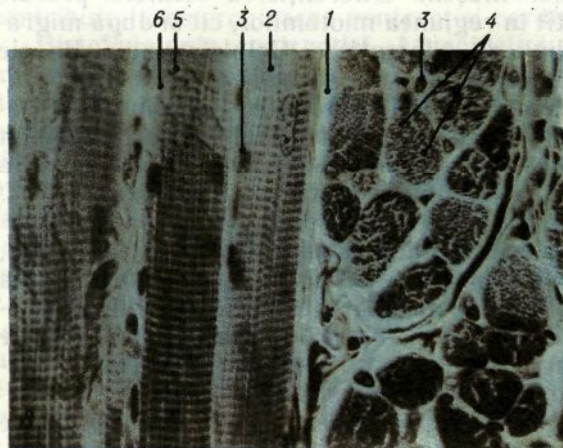
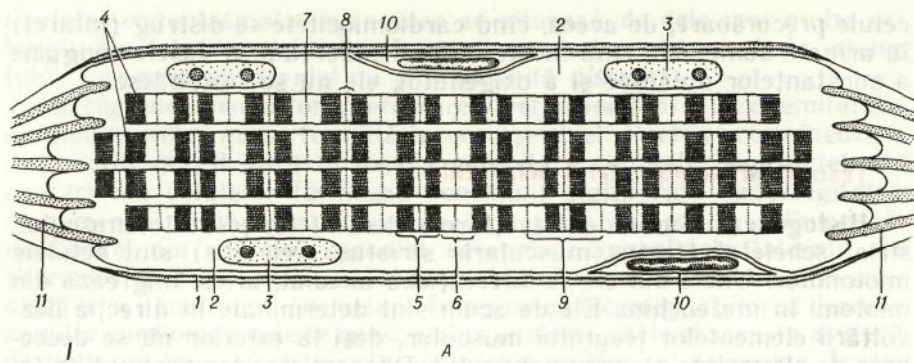
Elementele structurale ale țesutului muscular scheletal (des. 99, I, II, III, IV; 100). Elementul principal este *fibra musculară*, formată din *miosimplast* și din *miosatelitocite*. Fibra este înconjurată de *sarcolemă*. Ea este formată din *membrana bazală* în care sînt intercalate fibrele reticulare și de colagen fine, care se prelungesc în țesutul conjunctiv ambiant, și din *plasmalema simplastului*.

Miosimplastele sînt acoperite de plasmalemă. Pe ea se răspîndește potențialul membranic de acțiune, care trece pe membrana tubilor T. Sub plasmalemă sînt situați nucleii. În miosimplast numărul nucleilor poate ajunge la cîteva zeci de mii. Ei au o formă alungită. Deoarece simplastul nu e celulă, termenul „citoplasma“ nu se aplică, însă se spune „sarcoplasma“ (grec. *sarcos* — carne).

La polii nucleilor sînt situate organitele de tip general: complexul Golgi, porțiuni ale reticulului endoplasmatic agranular, mitocondriile. Reticulul endoplasmatic granular este slab dezvoltat, deoarece în simplastul definitiv sinteza proteinelor asigură numai cerințele plastice. *Organitele speciale* sînt reprezentate de *miofibrile*. În lungul miofibrilei și pe parcursul telofragmelor s-au evidențiat proteine (titina și nebulina), care se caracterizează prin elasticitate. De ele, posibil, depinde tensiunea reziduală în timpul relaxării.

Mecanismul contracției fibrei musculare este același ca și în cardiomiocite (vezi mai sus).

Miofibrilele sînt **s i t u a t e** separat, fiecare dintre ele fiind înconjurată de reticulul *endoplasmatic agranular specializat (reticul sarcoplasmatic)* în formă de anse întinse longitudinal și anastomozate între ele. Printre miofibrile sînt localizate numeroase mitocondrii mari de o formă alungită (des. 99, III). La nivelul telofragmelor, în ambele părți



Des. 99. Fibră musculară scheletală (miosimplast).

1 — structura fibrei musculare la nivel optic. A — schemă, B — microfotografie. 1 — plasmalema; 2 — sarcoplasma; 3 — nucleu; 4 — miofibrile; 5 — discul anizotrop (banda A); 6 — discul izotrop (banda I); 7 — telofragma (linia Z); 8 — zona clară (banda H), bisectată de mezofragmă (linia M); 9 — miomer (sarcomer); 10 — miosatelitocit; 11 — fibre tendinoase (după A. N. Studitskii).

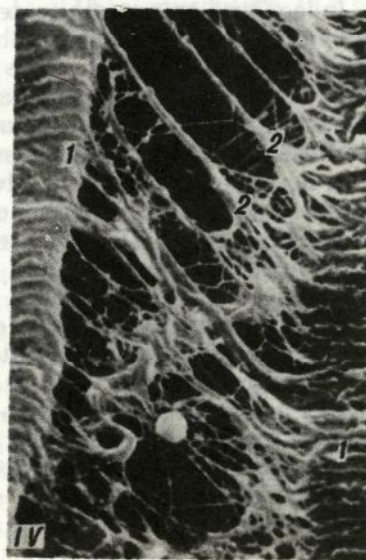
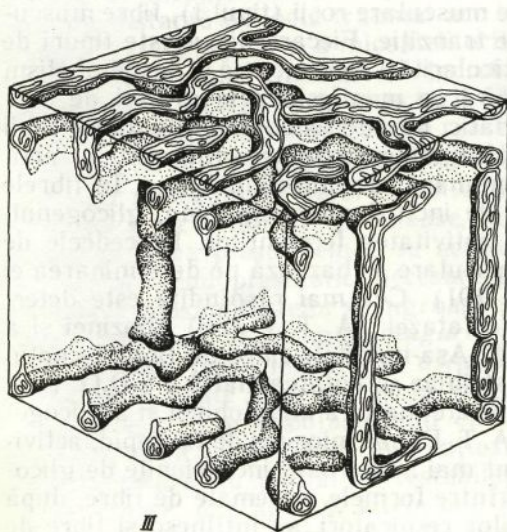
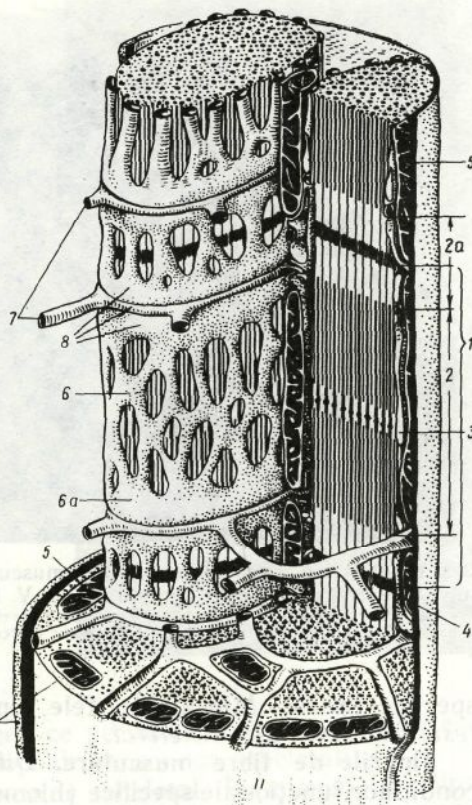
ale fiecăreia din ele, în profunzimea miosimplastului pătrund tubii T. Ei sînt mai subțiri decît la cardiomiocite și în ei nu pătrunde membrana bazală. Porțiuni ale reticulului sarcoplasmatic se contopesc una cu alta și formează *cisterne terminale*, care se situează paralel cu tubii T și-i însoțesc pe fiecare din ei din ambele părți, formînd astfel *triade*. Rolul funcțional al reticulului sarcoplasmatic e același ca și la structurile corespunzătoare ale cardiomiocitelor.

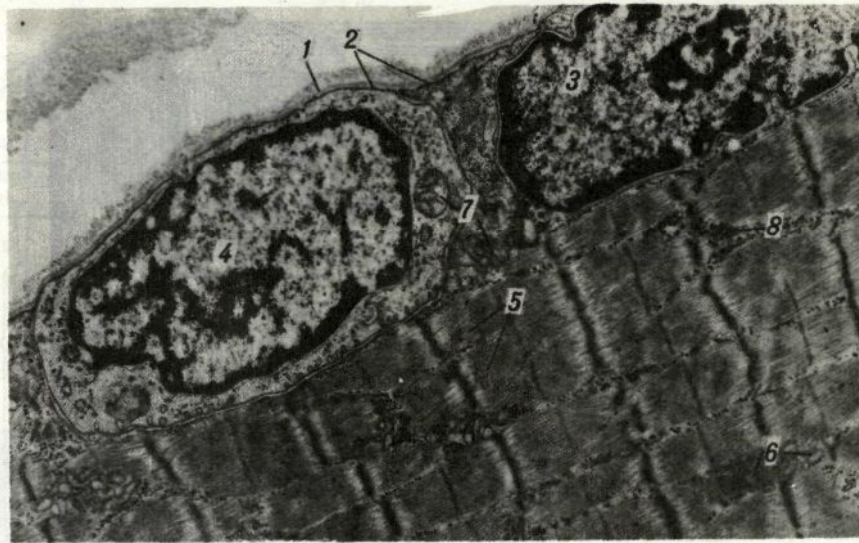
Un rol important în activitatea fibrelor musculare îl au incluziunile, în primul rînd mioglobina și glicogenul. Glicogenul servește ca sursă principală de energie, necesară atît pentru îndeplinirea eforturilor musculare, cît și pentru întreținerea bilanțului termic al organismului.

Miosatelitocitele aderă la suprafața simplastului, așa că plasmalemele lor contactează. Cu un simplast sînt în legătură un număr enorm de satelitocite. Fiecare satelitocit este o celulă uninucleară. Nucleul este mai mic și mai rotund decît nucleul miosimplastului. Mitocondriile și reticulul endoplasmatic sînt repartizate în citoplasmă uniform. Complexul Golgi și centrul celular sînt localizate lîngă nucleu. Organitele

Des. 99. (continuare).

II — schema structurii ultramicroscopice a fibrei musculare scheletale (după R. Cristici cu modificare). *1* — sarcomer; *2* — disc anizotrop (banda A); *2a* — disc izotrop (banda I); *3* — mezofragma (linia M) în mijlocul discului A anizotrop; *4* — telofragma (linia Z) în mijlocul discului izotrop; *5* — mitocondrii; *6* — rețiculul sarcoplasmatic; *6a* — cisterna terminală; *7* — tubul transversal; *8* — triada; *9* — sarcolema; *III* — schema localizării spațiale a mitocondriilor în fibra musculară. Planul superior și planul inferior al desenului corespunde discurilor anizotrope ale sarcomerelor (după L. V. Bacheeva, V. P. Sculacev, Iu. S. Cețov). *IV* — conexiunea fibrelor musculare cu fibrile de collagen. Electronomicrografie stereoscan. X2600 (preparatul lui Iu. A. Horoșkov). *1* — fibre musculare; *2* — fibrile de collagen.





Des. 100. Porțiunea superficială a fibrei musculare (miosimplastului) și a miosatelitei. Electronmicrografie (preparatul lui V. L. Goreacichina și a lui S. L. Kuznetov). 1 — membrana bazală; 2 — plasmalema; 3 — nucleul fibrei musculare; 4 — nucleul miosatelitei; 5 — miofibrile; 6 — canalicule ale reticulului endoplasmatic (sarcoplasmatic) agranular; 7 — mitocondrii; 8 — glicogen.

speciale lipsesc. Miosatelitele reprezintă *elementele cambiale ale țesutului muscular scheletal*.

Tipurile de fibre musculare. Diferite fibre musculare, datorită condițiilor funcționale specifice (biomecanice) ale activității lor, posedă forțe inegale, este inegală viteza și durata contracției, fatigabilitatea și în legătură cu aceasta se deosebesc după structură. La nivelul microscopului optic se deosebesc fibre musculare roșii (tipul I), fibre musculare albe (tipul II) și forme de tranziție. Fiecare din aceste tipuri de fibre se caracterizează prin particularități de structură și de metabolism. Particularitățile de ultrastructură se manifestă prin gradul de dezvoltare a reticulului sarcoplasmatic, întinderea contactului dintre tubii T și acest reticul, structura telofragmelor, gruparea filamentelor actinice și miozinice în miofibrile, numărul de mitocondrii ș. a. În fibrele musculare diferă și cantitatea de incluziuni: mioglobina, glicogenul, lipidele. Este diferită în ele și activitatea fermenților. Procedeele de evidențiere a diferitelor fibre musculare se bazează pe determinarea ei cu metodele histochemice (des. 101). Cea mai răspândită este determinarea activității adenozintrifosfatazei (A. T. F-azei) miozinei și a succinatdehidrogenazei (S.D.G). Așa-numitele fibre de tipul I conțin A. T. F.-aza de tip lent, lor li se atribuie activitatea înaltă a S.D.G. (fermentul oxidării aerobe) și o cantitate înaltă a mioglobinei și a glicogenului. Fibrele de tipul II conțin A. T. F.-aza miozinei de tip rapid, activitatea S.D.G. este mai joasă, sînt mai numeroase incluziunile de glicogen; mioglobină — mai puțină. Între formele extreme de fibre, după gradul de activitate a fermenților respiratori, se întîlnesc și fibre de

Des. 101. Activitatea succinatdehidrogenazei în fibrele musculare de diferit tip în țesutul muscular scheletal (preparatul lui I. P. Rehaceova). 1 — înaltă; 2 — medie; 3 — joasă.

tranziție; după aceste proprietăți ele formează ca și cum un spectru continuu, asemănător cu lumina, în care sînt unde de orice lungime posibilă între semnificațiile extreme. În țesutul muscular astfel de fibre sînt aranjate „în mozaic” (des. 101).

Proprietățile fibrelor musculare se schimbă la modificările eforturilor (acțiunile sportive, profesionale, extreme). Aceste modificări sînt reversibile, dacă se restabilesc condițiile obișnuite de activitate. În timpul unor afecțiuni (atrofia musculară, distrofia, urmările după denervare ș. a.) fibrele musculare cu diverse proprietăți



inițiale se modifică inegal, ceea ce permite precizarea diagnozei, iar pentru aceasta se studiază biopsiile mușchilor scheletali.

Regenerarea țesutului muscular scheletal. În miosimplast lipsesc citocentrii, nucleii lui nu se divid. Elementele cambiale sînt reprezentate de miosatelitocite. În timpul secționării fibrei musculare, la o oarecare distanță de locul traumatizat are loc distrugerea completă a sarcolemmei, sarcoplasmei și a miosatelitocitelor, însă după limita acestei zone fibra păstrează vitalitatea. Macrofagele fagocitează fragmentele necrotizate. Restabilirea structurii fibrei musculare se realizează prin două mecanisme: modificările reactive ale părții persistente a miosimplastului și dividerea miosatelitocitelor.

În miosimplast datorită activității complexului Golgi crește montarea structurilor membranoase, la extremitățile lezate se restabilește integritatea plasmalemei, se activează sinteza substanțelor de către reticulul endoplasmatic, necesare pentru formarea sarcoplasmei. Capetele miosimplastelor se îngroașă și cresc întru întâmpinarea reciprocă, se formează așa-numiții *muguri musculari*. Miosatelitocitele, care se păstrează lângă leziune, se divid. Unele din ele migrează la capetele fibrelor lezate și se includ în *mugurii musculari*. Altele se contopesc (tot așa ca și mioblastele în cursul histogenezei) și formează *tubii musculari*, care apoi se diferențiază în *miosimplaste*. Astfel în timpul regenerării nu numai se restabilește integritatea fibrelor musculare traumatizate, dar apar și altele noi. Regenerarea e cu atît mai intensă, cu cît mai multe miosatelitocite se eliberează de sub membrana bazală.

A.N. Studitskii a arătat că dacă mușchiul este fărâmițat pînă la o masă de consistență păstoasă și această masă este introdusă într-o lojă fascială, are loc regenerarea atît la nivel tisular, cît și organic. La o asemenea lezare fiecare fibră se dezintegrează în numeroase fragmente izolate și, în mod corespunzător, în zona de lezare se află un număr enorm de miosatelite — sursa principală de regenerare.

Regenerarea la nivel tisular, pînă la formarea fibrelor musculare, se realizează datorită mecanismelor de reglare intratisulare locale și externe (hormonale). În caz că nu are loc reinervarea fibrelor, nu va fi restabilire la nivel organic, dar dacă apare legătura fibrei musculare cu ramificările terminale ale prelungirilor celulelor nervoase, începe activitatea contractilă concordată a multor fibre musculare (contractiile neconcordate sînt posibile în simplast imediat după regenerarea miofibrilelor) și după aceasta se restabilește structura mușchiului ca organ. E necesar a se ține cont, că regenerarea țesutului muscular și a țesutului conjunctiv parcurge paralel, însă regenerarea ultimului are loc mai rapid. Teritoriul dintre capetele fibrelor musculare traumatate se umple cu un regenerat de țesut conjunctiv mai rapid decît se apropie capetele fibrelor musculare și apare cicatricea.

Mușchiul ca organ

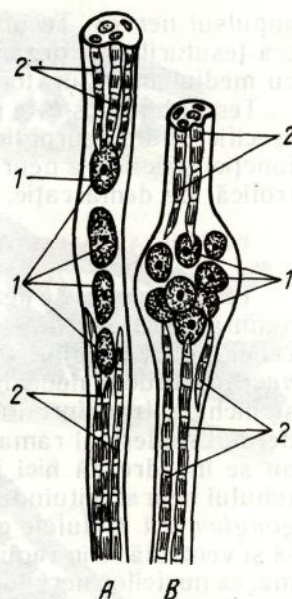
Între fibrele musculare se găsesc septuri fine de țesut conjunctiv fibros lax — *endomisiu*. Fibrele lui reticulare și de colagen se împletesc cu fibrele sarcolemei, ce contribuie la întrunirea eforturilor în timpul contracției (des. 99, IV). La extremitatea fiecărei fibre musculare plasmalema formează infundări înguste și profunde în care pătrund fibrele de colagen și reticulare. Ultimele penetrează membrana bazală și formează o ansă, care se fixează de plasmalemă cu legături intermoleculare în acel loc, unde contactează cu ea la interior filamentele actinice ale sarcomerului. Părăsind membrana bazală, fibrele reticulare se împletesc cu fibrele de colagen, iar ultimele, la rîndul lor, trec în tendoane.

Fibrele musculare de divers tip se grupează într-o anumită asocieră în fascicule, între care se situează septuri mai groase de țesut conjunctiv fibros lax — *perimisiu*. În el se găsesc și fibre elastice. Țesutul conjunctiv, care înconjoară mușchiul în întregime, poartă denumirea de *epimisiu*.

Vascularizația. Arterele, intrînd în mușchi, se ramifică în perimisiu. Lîngă ele se află numeroase bazofile tisulare, care reglează permeabilitatea peretelui vascular. Capilarele se situează în endomisiu. În majoritate ele merg în lungul fibrelor musculare, anastomozînd unele cu altele. Venulele și venele sînt situate în perimisiu alături de arteriole și artere. Tot aici trec și vasele limfatice.

Inervația. Nervii, intrînd în mușchi, conțin atît fibre eferente (motorii), cît și aferente (senzitive). Prelungirea celulei nervoase, aducînd impulsul nervos eferent, pătrunde prin membrana bazală și se ramifică între ea și plasmalema simplastului, participînd la formarea așa-numitei *plăci motorii* (mai detaliat structura ei este dată în

Des. 102. Schema construcției fibrelor musculare cu lanț nuclear (A) și cu bursă nucleară (B) (des. lui G. S. Catinas).
1 — nucleii; 2 — miofibrile (organitele de tip general nu-s arătate).



cap. XIII). Impulsul nervos eliberează substanțe chimice — mediatori, care provoacă excitația (potențial de acțiune), ce se răspindește pe plasmalema simplastului.

Astfel, fiecare fibră musculară se inervează independent și este înconjurată de o rețea de hemocapilare. Acest complex formează unitatea morfofuncțională a mușchiului scheletal — *mionul*; uneori mion este numită o fibră musculară, ce nu corespunde nomenclaturii histologice internaționale.

Terminațiile nervoase senzitive nu se situează pe fibrele musculare lucrătoare ce sînt în conexiune cu fibrele musculare specializate în așa-numitele *fusuri musculare*, care sînt localizate în perimisii (vezi cap. XI).

Fibrele musculare specializate ale fusurilor sînt mult mai subțiri decît cele lucrătoare. Ele se împart în două tipuri: *fibre cu bursă nucleară și fibre cu lanț nuclear* (des. 102). În primele nucleii simplastului formează aglomerări în porțiunea medie, îngroșată a fibrei. În fibrele cu lanț nuclear, nucleii simplastului sînt situați de asemenea în porțiunea ei medie, dar în centrul fibrei sînt amplasați unul după altul. Lîngă aglomerările de nucleii se localizează organitele de tip general. Miofibrilele se află la extremitățile fibrei. Sarcolema fibrei se unește cu capsula conjunctivă a fusului neuromuscular.

Pe fibrele musculare ale fusurilor, ca și pe fibrele lucrătoare, se formează terminațiuni nervoase motorii (plăci motorii), cu ele se contractă sub influența impulsurilor nervoase dirijate (controlate).

Contractia lor nu dezvoltă forță mare și practic nu se sumează cu eforturile dezvoltate de fibrele musculare lucrătoare, ele numai întind capsula din interior. Structura fusurilor musculare și rolul lor în reglarea activității musculare sînt descrise mai detaliat în capitoul următor.

Capitolul XI

ȚESUTUL NERVOS

Rolul țesutului nervos în organism este determinat de proprietățile principale ale celulelor nervoase (neuronilor, neurocitelor) de a recepționa excitațiile, de a trece în stare excitabilă, a genera și transmite