

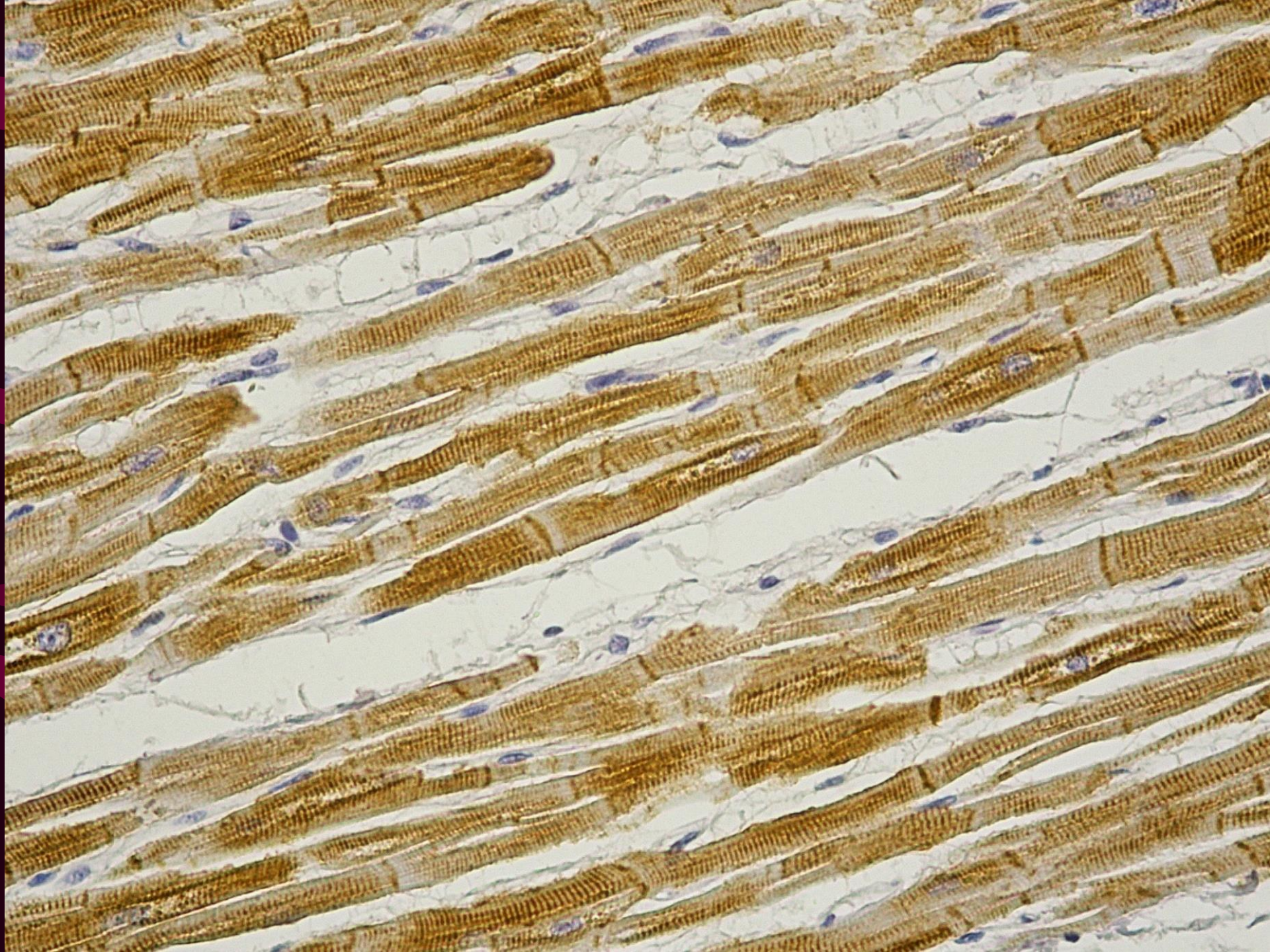
ȚESUTUL MUSCULAR CARDIAC

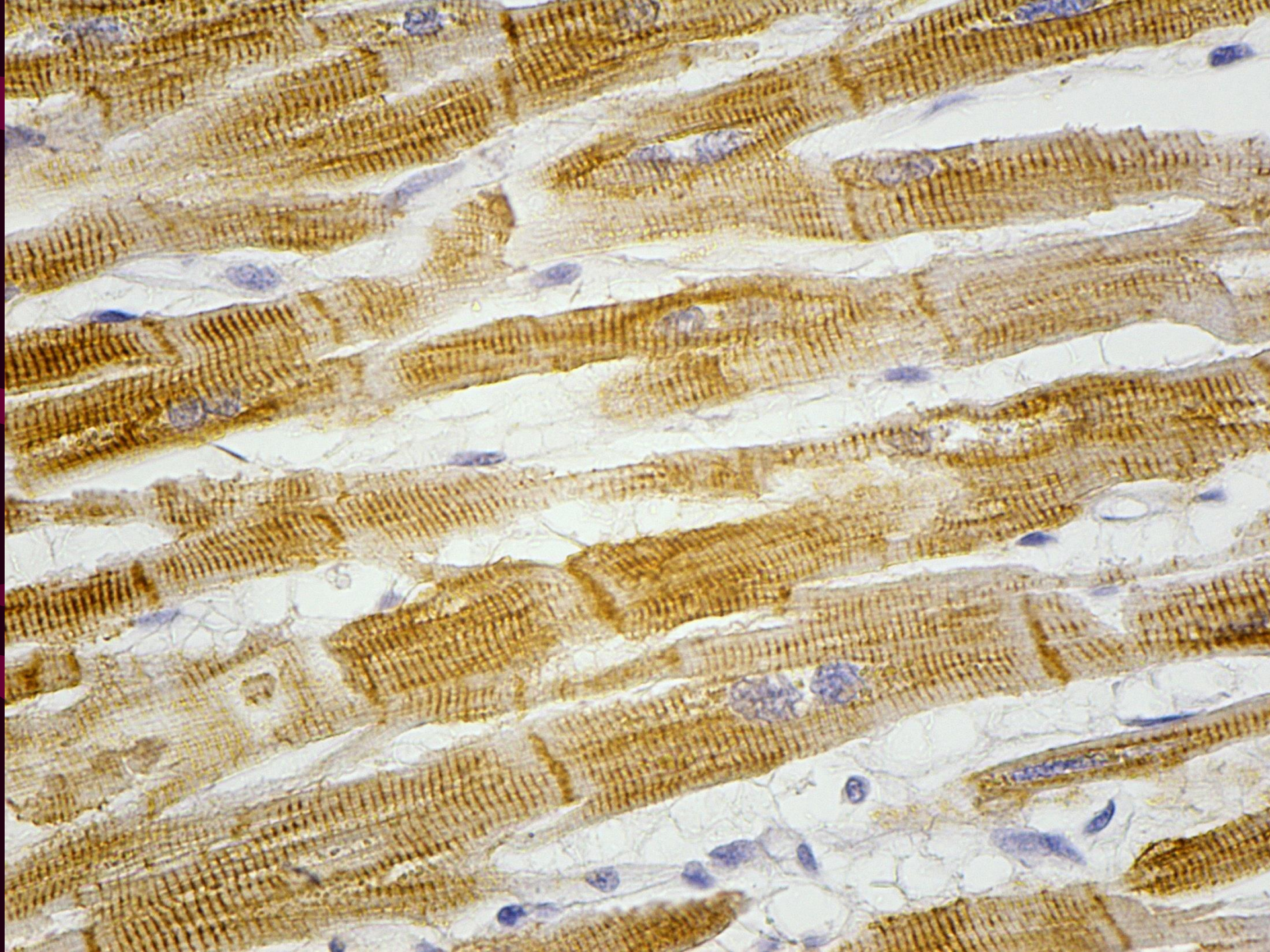
Țesutul muscular cardiac reprezintă o formă particulară de țesut muscular striat, fiind format din fibre musculare striate jonctionate între ele prin **discuri intercalare**. Fibrele musculare cardiace, numite **miocardocite**, sunt **celule uninucleate** de formă cilindrică.

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

- **celule miocardice propriu-zise** (celule lucrătoare) care intră în structura mușchiului cardiac și asigură funcția de pompă a inimii;
- **celule nodale** (celule excito-conductoare) care formează țesutul nodal al cordului ce asigură geneza și conducerea undei de depolarizare a miocardului.

Celulele miocardice în ansamblul lor se caracterizează printr-un metabolism preponderent oxidativ, fiind bogate în mioglobină și mitocondrii.





I. Miocardocitele lucrătoare intră în structura miocardului atrial și ventricular, precum și în structura mușchilor papilari.

În structura miocardului, fibrele miocardice se organizează în fascicule sau rețele plexiforme a căror orientare generală este vizibilă macroscopic. Ele se jonctionează prin intermediul **discurilor intercalare** sau **striilor scalariforme Eberth**. Discul intercalar, prezent numai în miocard, reprezintă un complex joncțional cu structură și funcționalitate particulară. La microscopul optic, discurile intercalare sunt mai puțin evidente, motiv pentru care miocardul a fost considerat mult timp ca fiind alcătuit din formațiuni sincițiale. Colorațiile histologice cu hematoxilină ferică sau fosfotungstică evidențiază mai bine discurile intercalare, iar studiile de microscopie electronică au descifrat ultrastructura acestor complexe joncționale și au demonstrat că miocardul este format din celule uninucleate.

Miocardocitele sunt celule cilindrice, cu extremitățile uneori ramificate, având diametrul de 15-30 μm , iar lungimea de 50-130 μm . Numărul lor a fost apreciat la 2×10^9 .

În sarcoplasmă prezintă unul sau doi nuclei ovalari, situați central, cu axul lung în axul celulei.

Miofibrilele sunt așezate ordonat și prezintă striatii transversale caracteristice fibrelor musculare striate. În jurul nucleului striatiile transversale sunt absente.

Între miocardocitele anastomozate se găsește puțin țesut conjunctiv care conține numeroase capilare sanguine și limfatice, celule conjunctive și filete nervoase.

Fibrele miocardice, similar fibrelor musculare scheletice, prezintă: **sarcolemă, sarcoplasmă, nucleu.**

Sarcolema, ca și sarcolema fibrei musculare scheletice, prezintă o structură complexă, fiind formată din trei componente: **plasmalema**, **lama bazală**, **lama reticulară**.

1. Plasmalema este o structură trilaminată, lipoproteică, cu o grosime de 7,5 - 9 nm. Ea are un aspect ondulat prezentând numeroase invaginații, numite **caveole**, cu o morfologie variată, și prelungiri adânci ce formează sistemul de tuburi transversale, **sistemul T**.

Sistemul T este format din prelungiri ale plasmalemei care se extind transversal în interiorul miocardocitului. În interiorul celulei ele se ramifică dând prelungiri longitudinale (în lungul fibrei miocardice) cu diametrul constant, ce leagă tuburile T între ele. Se formează astfel un sistem canalar prin care spațiul extracelular pătrunde în interiorul miocardocitului. La suprafața plasmalemei sistemul de tuburi transversale T prezintă un orificiu de deschidere foarte larg, de circa 10 ori mai mare decât la fibra musculară striată scheletică, ca o adaptare funcțională a cordului la lucrul mecanic pe care-l efectuează. Reprezentând o prelungire a plasmalemei, el deține un rol esențial în conducerea rapidă a undei de depolarizare de la suprafața celulei la structurile contractile ale acesteia.

Plasmalema miocardocitelor conține proteine integrale care au funcții diverse: unele participă la formarea **conexonilor**, altele reprezintă **canale ionice** pentru Na^+ , K^+ sau Ca^{2+} , altele **pompe ionice**, iar o altă categorie formează **receptorii specifici** pentru catecolamine (adrenalină, noradrenalină), acetilcolină sau diverși hormoni.

2. Lama bazală are o grosime de circa 30 nm și un aspect electronodens, fiind formată din glicoproteine și collagen tip IV. Lama bazală este separată de plasmalemă de un spațiu mai clar cu grosimea de 20 nm, denumit *lamina lucida*.

3. Lama reticulară este formată din fine fibre de collagen ce se continuă cu spațiul conjunctiv intercelular.

Sarcoplasma este mai abundentă în celulele tinere. Ea pare mai abundentă în jurul nucleului motiv pentru care în această zonă striatiile transversale sunt absente.

În sarcoplasmă se găsesc:

- **organite celulare comune:** mitocondrii, reticul endoplasmic rugos, ribozomi, aparat Golgi, lizozomi, peroxizomi;
- **organite celulare specifice:** miofibrile, reticulul sarcoplasmic;
- **mioglobina;**
- **incluzii:** granule de glicogen, lipide

Mitocondriile sunt organele celulare cele mai numeroase. În miocardocitele ventriculare ele ocupă aproximativ 35-40% din volumul celular, motiv pentru care fibrele musculare ventriculare sunt considerate cele mai bogate celule în mitocondrii din organismul uman.

Mitocondriile se dispun printre miofibrile, cu axul mare în axul lung al celulei, dar și perinuclear. Ele au diametrul de 0,5-1 μm și lungimea de 1,5-2 μm , dar în unele condiții de efort prelungit (sportivi) pot ajunge la lungimi de 6-8 μm .

Cantitatea mare de mitocondrii este o consecință a faptului că metabolismul miocardocitelor este preponderent oxidativ. Ele folosesc o gamă variată de materiale energetice (acizi grași, glucoză, corpi cetonici, acid piruvic, acid lactic etc) pe care le degradează pe calea ciclului Krebs, până la CO_2 , H_2O și energie.

În stări de hipoxie sau ischemie, mitocondriile se balonizează.

Mitocondriile au și proprietatea de a capta și de a elibera Ca^{2+} atunci când sunt saturate celelalte mecanisme de stocare a acestora.

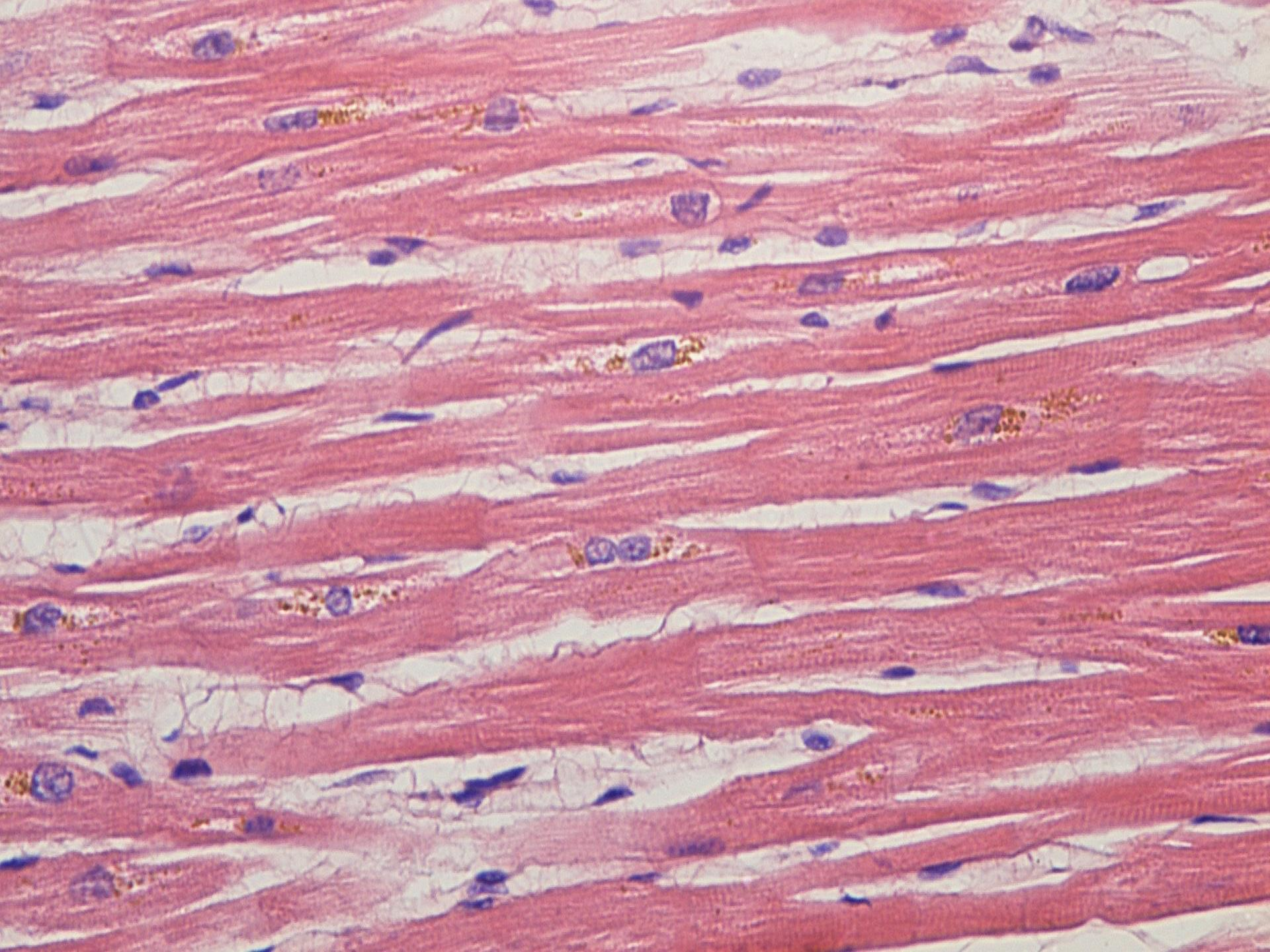
Reticulul endoplasmic rugos și **ribozomii liberi** sunt aproape absenți în miocardocitele adulte. Celulele tinere conțin cantități mici de reticul endoplasmic rugos și grămezi de ribozomi perinuclear.

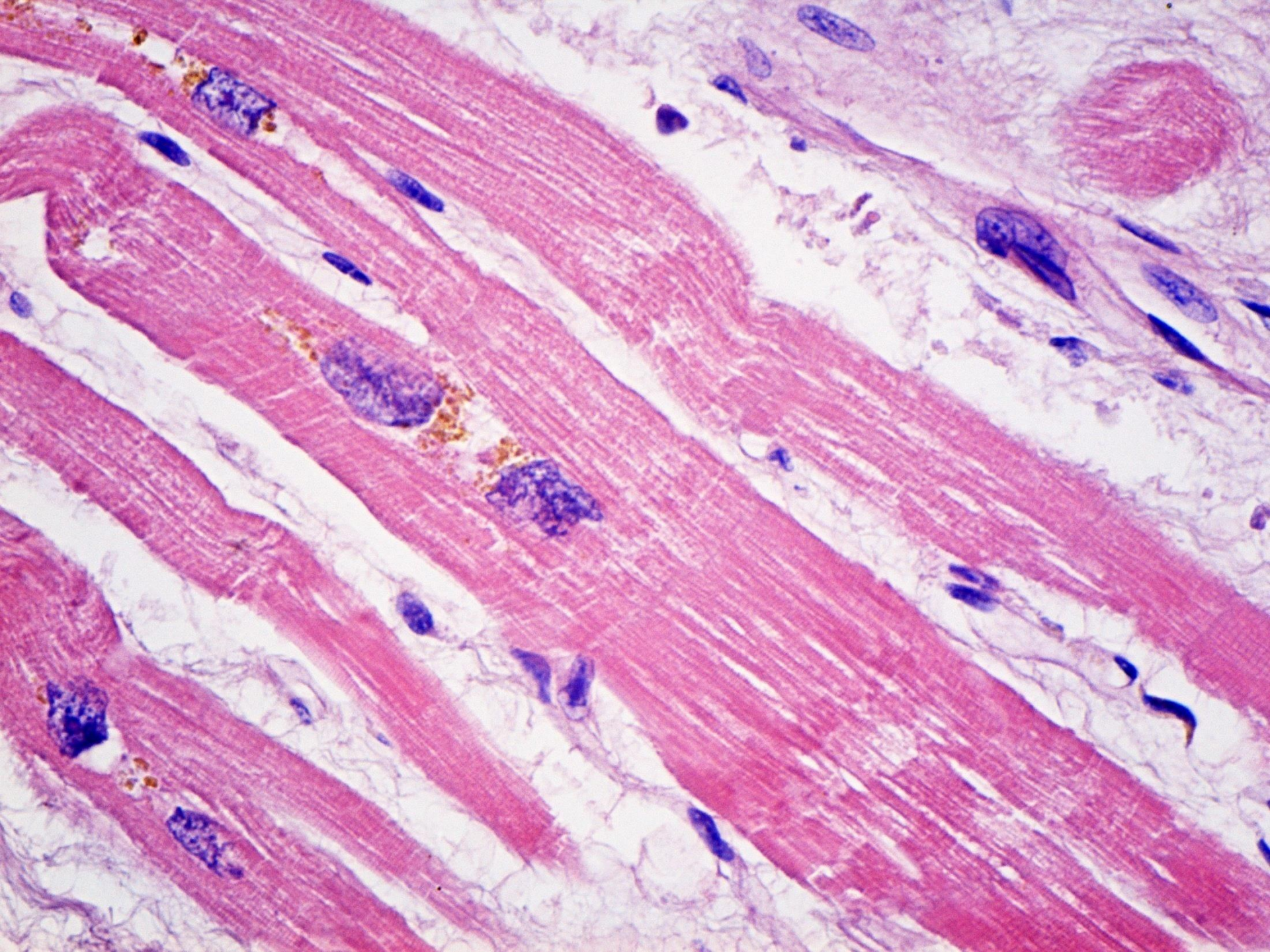
Lizozomii, peroxizomii și **aparatul Golgi** sunt în cantitate redusă.

Miofibrilele sunt organitele intracelulare care ocupă circa 50% din volumul sarcoplasmic. Ele au o ultrastructură identică cu a miofibrilelor din mușchii scheletici, fiind formate din miofilamente subțiri de actină și miofilamente groase de miozină, dispuse în sarcomere.

Proteinele contractile cardiace, deși au aceleași proprietăți și aceeași structură electronomicroscopică ca proteinele din mușchii scheletici, din punct de vedere biochimic și imunologic sunt totuși diferite de acestea.

Activitatea ATP-azică a miozinei cardiace este mult mai mare decât a miozinei din fibrele musculare scheletice.



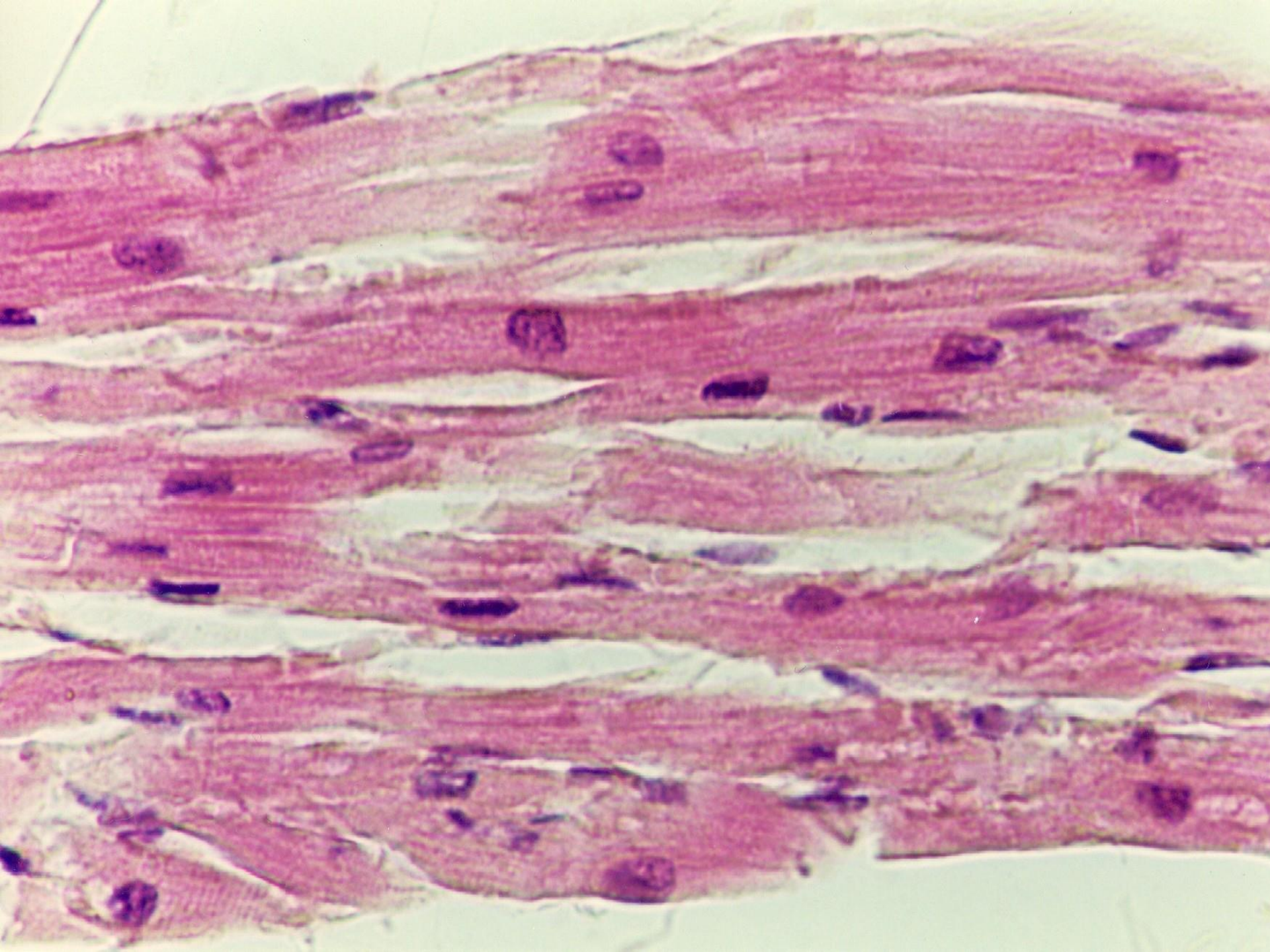


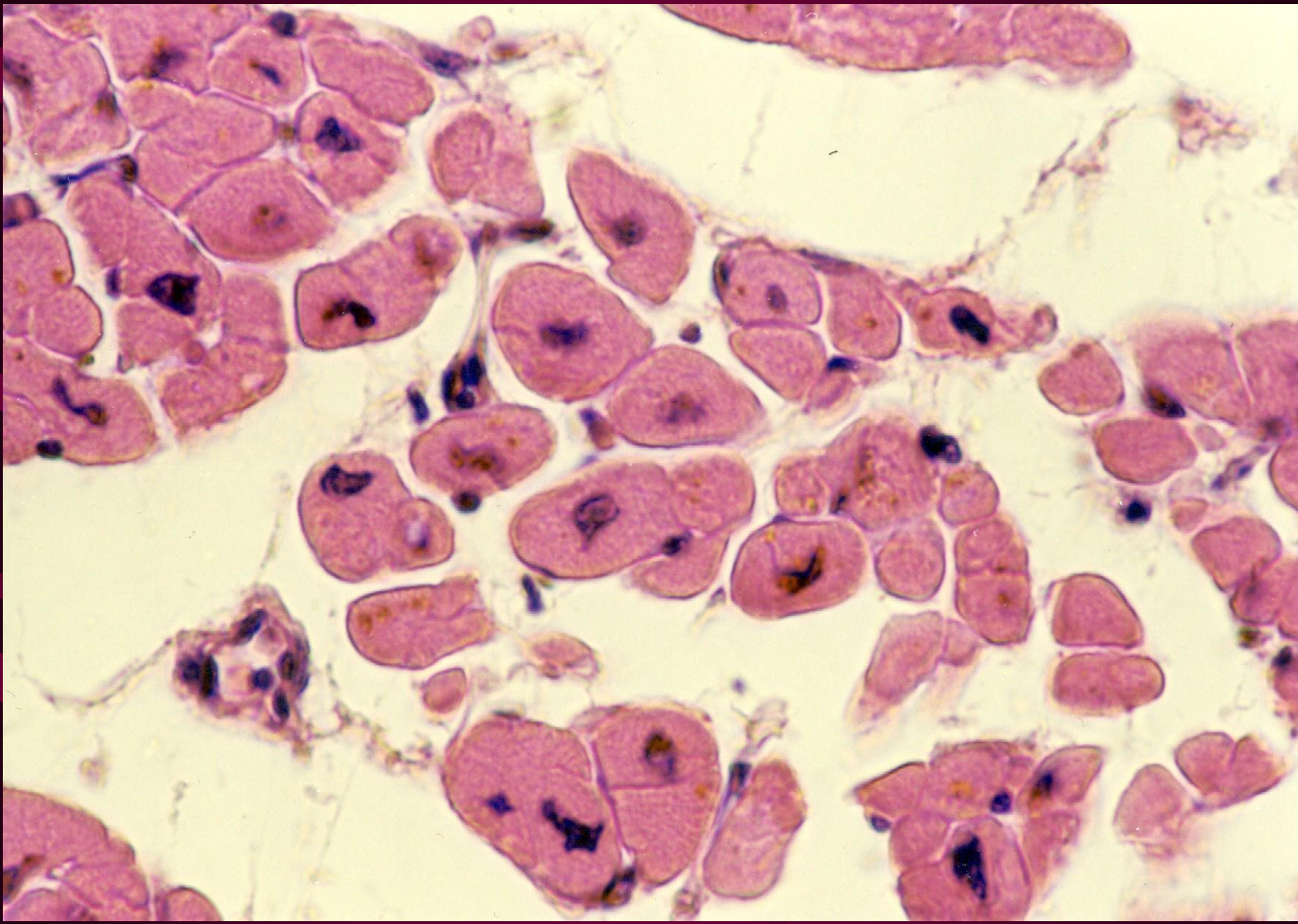
Reticulul sarcoplasmic este constituit, ca și la mușchiul scheletic, dintr-o rețea tubulară anastomotică, cu diametrul foarte subțire și neregulat, ce înconjoară miofibrilele. La nivelul joncțiunii dintre discul clar și discul întunecat rețeaua tubulară a reticulului sarcoplasmatic formează **dilatații sau cisterne terminale** care vin în contact cu **sistemul T al plasmalemei**, realizând complexe functionale numite **diade**, cu rol important în procesul de "cuplare a excitației cu contracția". La acest nivel unda de depolarizare a plasmalemei determină eliberarea ionilor de Ca^{2+} din cisternele reticulului sarcoplasmic în sarcoplasmă și producerea contracției.

Incluziile din sarcoplasmă sunt mai abundente în jurul nucleului. Ele sunt reprezentate de **granule de glicogen**, **vacuole mici de lipide** și **vacuole cu lipofuscină** sau "pigment de uzură" a căror cantitate crește odată cu înaintarea în vârstă.

Nucleul miocardocitelor este unic, foarte rar fiind întâlnite celule miocardice cu doi nuclei. Acesta este de formă ovală, dispus central, cu axul mare în axul lung al celulei, normocrom, cu cromatina omogenă.

În jurul nucleului sarcoplasma este fin granulară, cu un conținut ridicat de glicoproteine, bogată în organite comune (aparat Golgi, lizozomi, mitocondrii, granule de lipofuscină), dar săracă în miofibrile.





Discurile intercalare reprezintă joncțiuni intrecelulare complexe, prezente între capetele miocardocitelor. Două discuri intercalare adiacente delimitează o celulă miocardică. Ele sunt structuri microscopice specifice, prezente numai la nivelul țesutului striat cardiac.

În microscopia fonică, în colorații uzuale, secțiunile longitudinale prin fibrele musculare cardiace evidențiază discurile intercalare ca niște striatii transversale groase, perpendiculare pe axul mare al celulelor, slab acidofile, dispuse la intervale relativ regulate. Datorită acestui aspect au fost numite și **striile scalariforme Eberth**. Evidențierea lor se face electiv în colorația cu hematoxilină ferică.

Constituite prin atașarea membranelor a două celule adiacente, discurile intercalare au o arhitectură complexă. Ele constituie zone joncționale care asigură atât coeziunea miocardocitelor cât și cuplarea lor funcțională.

Privite la microscopul electronic, discurile intercalare sunt dispuse la nivelul unei strii Z terminale. Ele nu sunt complexe joncționale liniare ci au forma unei linii frânte sau "în zig-zag", prezentând, în raport cu axul mare al miocardocitelor, porțiuni transversale și porțiuni longitudinale.

Segmentele transversale, dispuse perpendicular pe axul celulelor miocardice, prezintă două tipuri de joncțiuni de adezivitate:

- fascia adherens (joncțiunea intermediară, zonula aderens);
- macula adherens (desmozomi).

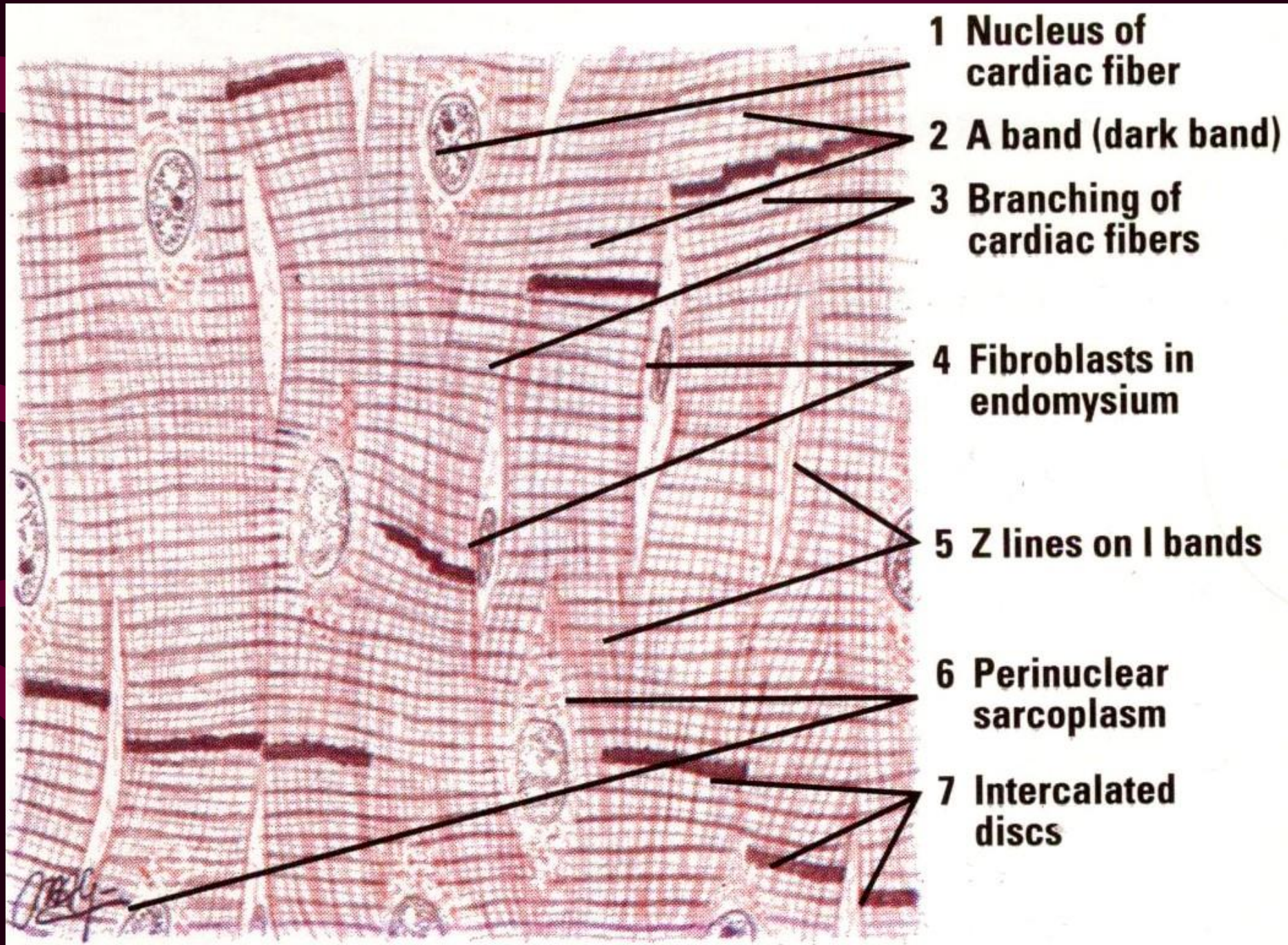
Fascia aderens este porțiunea care ocupă cea mai mare parte din suprafața joncțională a celulelor. Pe frontul sarcoplasmic prezintă un material electronodens format din **vinculină**, proteină care facilitează adezivitatea filamentelor de actină la plasmalemă. Spațiul intercelular cu o grosime de 20-25 nm, conține numeroase proteine și glicoproteine filamentoase care asigură adezivitatea plasmalemelor. Rezistența mecanică a unei astfel de structuri este impresionantă, ea rezistând la forțe de tracțiune considerabile. În absența ionilor de calciu, asemenea structuri se desfac ușor.

Macula adherens (desmozomii) ocupă o suprafață mult mai redusă decât fascia adherens. Ei prezintă o structură similară cu a desmozomilor din alte structuri tisulare. Pe frontul sarcoplasmic al miocardocitelor prezintă o placă densă pe care se inseră tonofilamentele citoscheletului celular, fără legătură cu miofilamentele contractile. În spațiul intercelular a cărui grosime este de circa 20-30 nm se remarcă o altă structură densă, formată din glicoproteine, pe care se inseră structurile desmozomale din cele două celule vecine. Absența ionilor de calciu favorizează dezorganizarea structurilor desmozomale.

Segmentele longitudinale conțin un singur tip de joncțiune, și anume **joncțiuni comunicante (gap, nexus)**. Plasmalemele celulelor adiacente, separate de un spațiu foarte redus de numai 2 nm, sunt străbătute de formațiuni proteice tubulare denumite **conexoni**. Acestea formează canale comunicante între celule, de aspect hexagonal, prin care pot trece de la o celulă la alta aminoacizi, oligozaharide, nucleotide, ioni, al căror diametru nu depășește 1,5-2 nm. Joncțiunile **gap** reprezintă la nivelul miocardocitelor auriculare circa 6%, iar la miocardocitele ventriculare 10-13% din suprafața discului intercalar.

Joncțiunile **gap** sunt rezistente la acțiunea enzimelor proteolitice și la depleția de calciu, dar se distrug prin tratare cu acetonă, datorită dizolvării lipoproteinelor din structura lor.

Pe lângă faptul că permit un schimb important de material sarcoplasmic, nexusurile reprezintă și căi de transmitere a undei de depolarizare de la o celulă la alta, deoarece rezistența electrică a acestor joncțiuni este de aproximativ 2000 de ori mai mică decât în restul sarcolemei.



Heterogenitatea miocardocitelor lucrătoare

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

Există două categorii de celule miocardice: ventriculare și atriale.

Miocardocitele ventriculare sunt mai voluminoase, având diametrul de 15-25 μm . Sarcoplasma este săracă în reticul endoplasmatic rugos și aparat reticular Golgi, dar conține cantități mari de mitocondrii voluminoase. Miofibrile sunt numeroase, dense, paralele cu axul mare al celulei, iar sistemul T este foarte dezvoltat. Striile intercalare Eberth sunt mai evidente.

Miocardocitele atriale au diametrul de 6-15 μm ; sarcoplasma conține mai multe organite comune și mai puține miofibrile. Unele miocardocite atriale prezintă un reticul endoplasmic rugos și un aparat reticular Golgi foarte dezvoltate. În sarcoplasma acestora s-au identificat **granule de secreție** de formă sferică, cu diametrul de circa 500 nm localizate preponderent perinuclear. Aceste granule au fost semnalate pentru prima dată de către **George Emil Palade în 1961**. Studii ulterioare au arătat că granulele din celulele miocardului atrial conțin un factor de natură polipeptidică care produce diureză prin natriureză și kaliureză masivă. Acest factor a fost denumit **auriculină, atriopeptină sau factorul natriuretic atrial (FNA)**. Factorul natriuretic atrial este cea mai puternică substanță natriuretică endogenă cunoscută până în prezent.

II. Miocardocitele sistemului excito-conductor

În structura miocardului există celule capabile să se depolarizeze ritmic și să transmită miocardocitelor lucrătoare undele de depolarizare. Aceste celule numite și **celule cardionectoare**, formează sistemul excito-conductor al cordului, care cuprinde următoarele structuri:

- **nodulul sino-atrial** (Keith-Flack) situat în peretele lateral al atriului drept, în apropierea orificiului de vărsare al venei cave superioare. El are o suprafață de 2 x 6 mm;
- **nodulul atrio-ventricular** (Aschoff-Tawara) situat în peretele postero-inferior al atriului drept, imediat deasupra inserției valvei interne a tricuspidei. Acest nodul este mai voluminos și are un contur neregulat.
- **fasciculul atrioventricular Hiss**, singura legătură musculară între cele două etaje ale cordului. Acesta pornește din nodulul atrio-ventricular sub forma unui fascicul voluminos de miocardocite, coboară pe partea postero-laterală dreaptă a septului interventricular și după circa 15 mm se împarte în două ramuri: ramura dreaptă și ramură stângă;

Ramura dreaptă coboară pe partea dreaptă a septului interventricular, se ramifică arborescent și se continuă cu celulele Purkinje. Ramura stângă străbate septul interventricular și, la nivelul ventriculului stâng se ramifică în două brațe: brațul anterior și brațul posterior care merg pe peretele anterior și, respectiv, posterior al ventriculului stâng. Acestea se continuă cu rețeaua celulelor Purkinje din peretele ventriculului stâng.

În unele afecțiuni cardiace, mai ales în cardiopatia ischemică, se produce o distrugere a celulelor fasciculului Hiss (mai frecvent a celulelor componente ale ramurilor) rezultând blocuri de ramură, cu efecte negative considerabile asupra funcțiilor cordului.

- **celulele Purkinje**, o rețea celulară subendocardică care leagă fasciculul Hiss de miocardocitele lucrătoare ventriculare.

Celulele sistemului excito-conductor au dimensiuni mai reduse și se dispun în grămezi fără nici o orientare la nivelul nodulilor sino-atrial și atrio-ventricular sau în fascicule la nivelul fasciculului Hiss și ramurilor sale. La periferia sa, sistemul excitoconductor este delimitat de o teacă fină de țesut conjunctiv.

Studii de microscopie electronică și histoenzimologie au arătat că în structura sistemului excitoconductor există trei tipuri de celule diferite: P, T și celulele Purkinje.

Celule P au formă rotundă sau ovală, nucleul mare, hipocrom, rotund, situat central și sarcoplasmă abundentă. În sarcoplasmă se găsesc puține miofibrile dispuse fără nici o orientare, motiv pentru care se consideră că aceste celule nu au funcție contractilă. Reticulul sarcoplasmatic este și el puțin dezvoltat, iar mitocondriile sunt rarefiate, mici, cu puține criste pe membrana internă. Celulele P stabilesc între ele joncțiuni de tip gap și macula adherens. Se consideră că celulele P au funcție de **pace-maker**.

Celulele T sunt alungite și au o organizare ultrastructurală intermediară între celulele P și celulele miocardice propriu-zise. În sarcoplasmă prezintă mai multe miofibrile și o cantitate mai mare de mitocondrii. Se consideră că aceste celule au funcție de conducere a undei de depolarizare.

Celulele Purkinje sunt celule mari cu o citoplasmă mai clară decât miocardocitele lucrătoare. În sarcoplasmă se găsesc miofibrile dispuse la periferia celulei cu orientare paralelă cu axul mare al celulei și o cantitate mare de granule de glicogen. Mitocondriile sunt numeroase, dispersate neuniform în sarcoplasmă, în timp ce reticulul sarcoplasmic este slab reprezentat.

Organizarea țesutului muscular cardiac

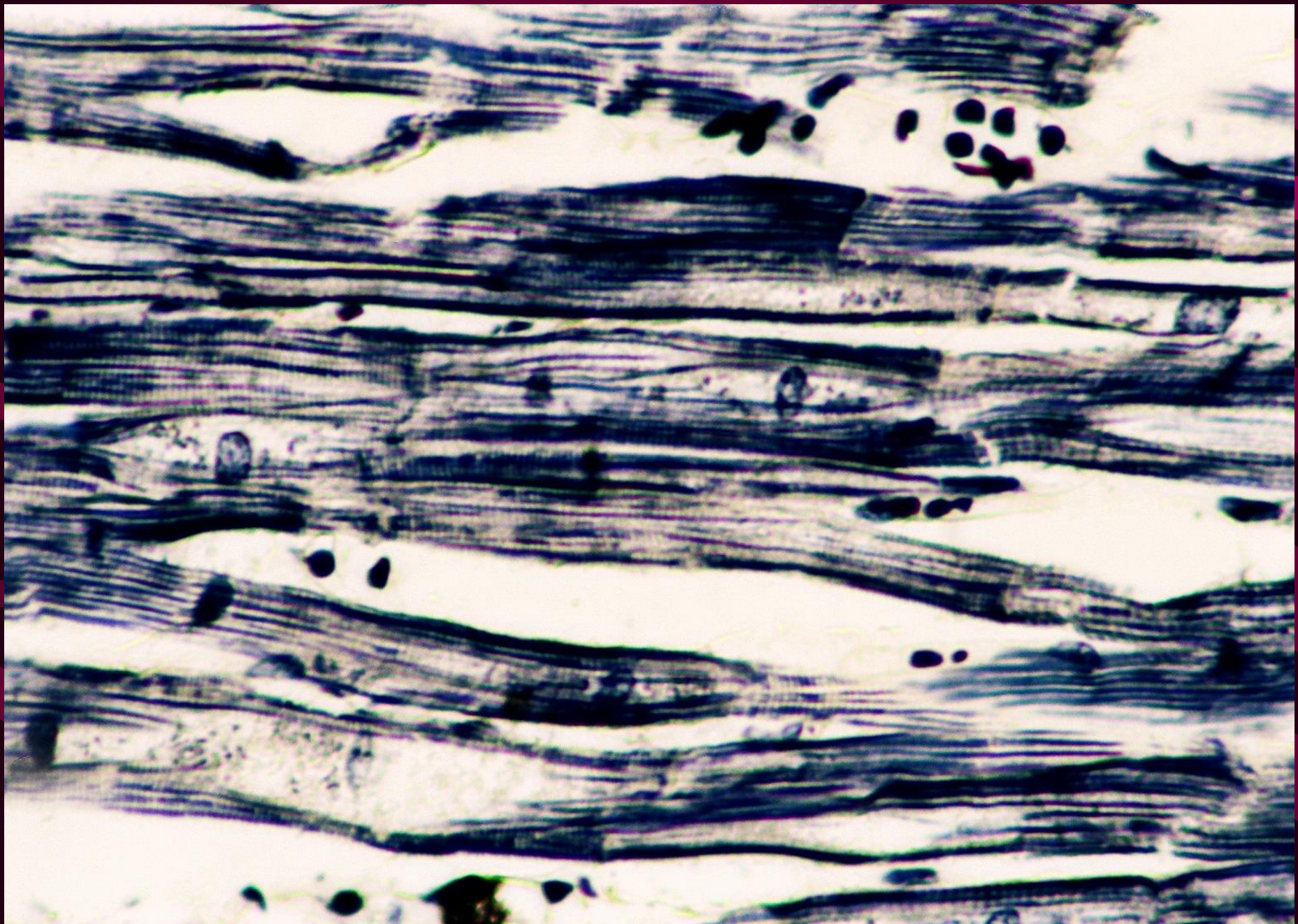
Fibrele musculare cardiace se organizează în fascicule cu orientare oblică, specifică fiecărei cavități pe care o delimitează.

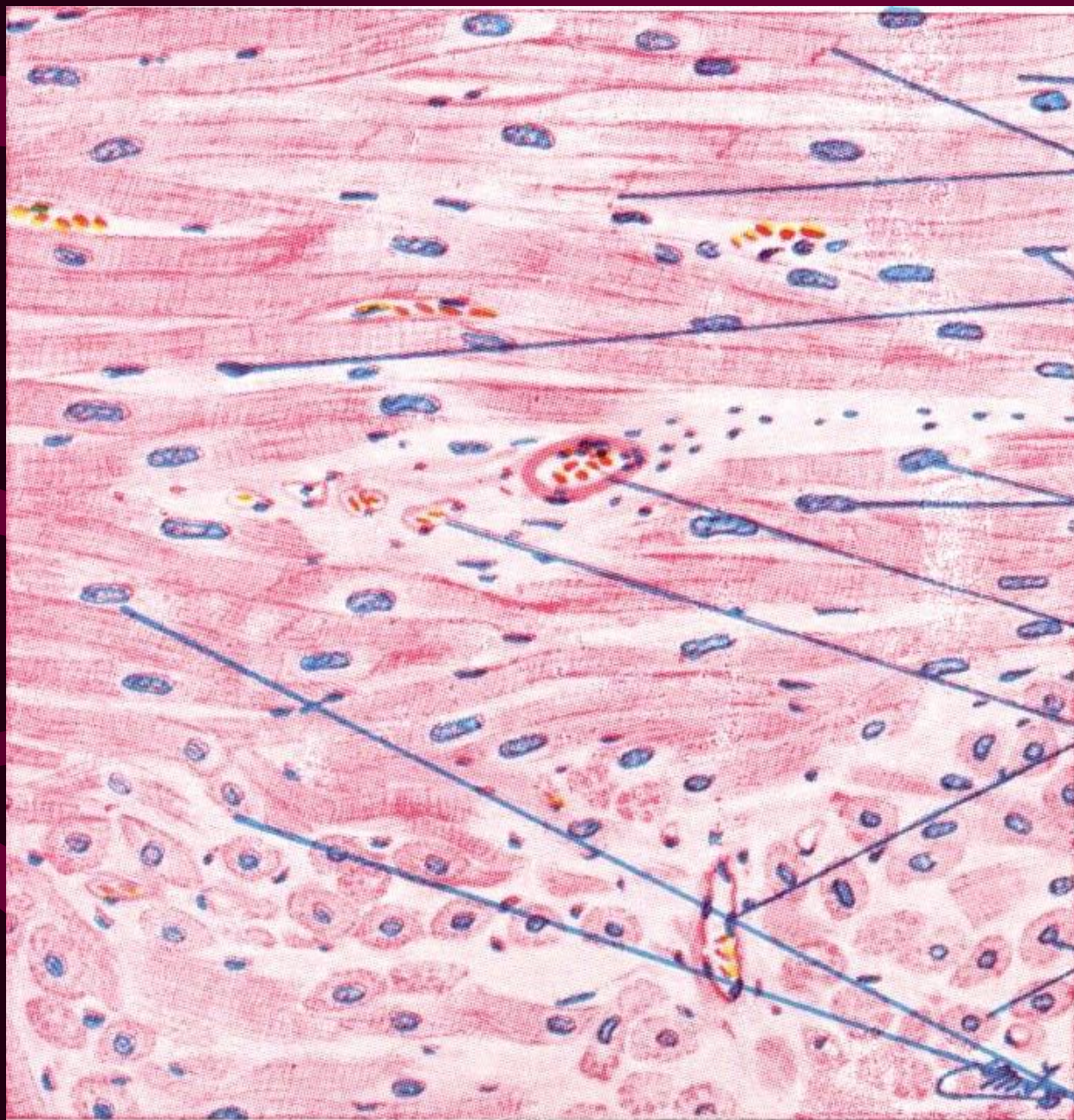
Între fibrele musculare cardiace există o cantitate mică de țesut conjunctiv lax care conține vase de sânge, celule conjunctive, fibre de colagen, rare fibre elastice și substanță fundamentală bogată în proteoglicani. Vasele sanguine provin din ramificațiile celor două artere coronare. Ele formează inițial o rețea subepicardică din care se desprind vasele intramurale.

Capilarele sanguine sunt foarte numeroase, miocardul fiind unul dintre cele mai bine vascularizate țesuturi datorită consumului mare de oxigen. Se apreciază că numărul capilarelor variază de la 3500 la 5500/mm³. Capilarele sanguine au un perete continuu.

În jurul nodulului sino-atrial și atrio-ventricular, în țesutul conjunctiv se găsesc numeroase terminații libere de tip **colinergic** și **adrenergic** care participă la influențarea activității cardiace.

Miocardocitele sunt celule înalt diferențiate care și-au pierdut capacitatea de diviziune. De aceea, pentru efectuarea unui lucru mecanic intens și susținut, miocardocitele se hipertrofiază. Acest proces constă în creșterea volumului celular, creșterea masei proteinelor contractile și a numărului de mitocondrii.





- 1 Cardiac muscle fiber (l.s.)**
- 2 Intercalated discs**
- 3 Fibroblast nuclei**
- 4 Connective tissue**
- 5 Nuclei of muscle fibers (l.s.)**
- 6 Venule**
- 7 Capillary and venule**
- 8 Nuclei of muscle fibers (t.s.)**
- 9 Perinuclear sarcoplasm**

ȚESUTUL MUSCULAR NETED

Este alcătuit din celule musculare uninucleate numite **miocite** care, spre deosebire de cele striate, nu prezintă striatii transversale. El intră în structura organelor interne, motiv pentru care este numit și **țesut muscular visceral**, având o contribuție directă la reglarea unor procese fiziologice importante ca: digestia, circulația sanguină, respirația etc.

Fibra musculară netedă sau miocitul este elementul structural de bază al țesutului muscular neted. În stare de relaxare, fibrele musculare netede din pereții organelor cavitare au aspect alungit, fuziform, cu partea centrală mai îngroșată și capetele efilate. În pereții vaselor sanguine există însă și miocite de formă stelată, cu numeroase ramificații.

Dimensiunile fibrelor musculare netede variază considerabil în raport cu localizarea și cu starea lor funcțională. Dimensiunile medii sunt cuprinse între 20-50 μm lungime și 5-10 μm grosime în porțiunea centrală, dar la stomac sau la uterul gravid s-au observat miocite cu lungimea de 500 μm - 1 mm și grosimi mai mari de 10-20 μm .

Miocitul este o celulă tipică uninucleată, formată din 3 componente:

- nucleu,
- sarcolemă,
- sarcoplasmă.

Nucleul miocitelor în stare de relaxare este ovalar, situat central, cu axul mare așezat paralel cu axul lung al celulei. Dimensiunile lui sunt de aproximativ $10/2 \mu\text{m}$. În fibra musculară în contracție nucleul poate deveni rotund, "în bastonaș" sau "în tirbușon".

Ultrastructural, nucleul fibrei musculare netede este alcătuit din aceleași componente ca nucleul oricărei celule. La periferie este delimitat de o membrană nucleară dublă, ușor sinuoasă, sub care se află blocuri mici de heterocromatină. Cea mai mare parte din volumul nuclear este ocupat de eucromatină. Frecvent prezintă unu sau doi nucleoli, vizibili chiar și la microscopul optic.

Membrana celulară este alcătuită din două componente:

- **plasmalema (sarcolema)** propriu-zisă), o membrană trilaminată, lipoproteică cu grosimea de aproximativ 7-10 nm.

- **lama bazală** sau **membrana bazală**, groasă de aproximativ 5-25 nm, formată din fibre de reticulină, de collagen și elastice, glicozaminoglicani și proteoglicani, ce se continuă cu țesutul conjunctiv interfibrilar. Aceste componente sunt sintetizate chiar de miocite.

Sarcolema fibrei musculare netede nu prezintă tubi T, dar la nivelul ei s-a remarcat prezența a trei tipuri de zone de specializare morfofuncțională: **caveolele, ariile dense, joncțiunile intercelulare.**

Caveolele sunt microinvaginații ale plasmalemei în formă de "cuib de rândunică", de 70/120 nm, care comunică liber cu spațiul extracelular. Lamina bazală trece peste ele fără a pătrunde în interiorul lor. Numărul caveolelor este de aproximativ 150 000 pentru fiecare fibră musculară netedă, măbind suprafața sarcolemei cu peste 70%. Ele se dispun în șiruri paralele în axul lung al celulei, între șiruri existând **arii dense**. Rolul lor este mai puțin cunoscut. Se pare că intervin în homeostazia intracelulară a ionilor de calciu fiind, din punct de vedere funcțional, echivalente tubilor T din fibra musculară striată.

Ariile dense sunt formate din material electronodens dispus pe frontul citoplasmatic al sarcolemiei fibrei musculare netede. Acestea au dimensiuni de 0,1- 0,4 μ și o dispunere longitudinală printre șirurile de caveole, ocupând 30-50% din circumferința celulei. Materialul electronoopac este atașat sarcolemiei, studii de microscopie electronică dovedind că nu este modificată structura sarcolemiei la acest nivel. Din punct de vedere biochimic ariile dense sunt formate din agregate proteice cu greutatea moleculară cuprinsă între 135 000-250 000 daltoni, din care s-au izolat vinculina, metavinculina, talina etc.

Rolul ariilor dense este acela de zone de ancorare a filamentelor subțiri de **actină** pe membrana plasmatică, studii de microscopie electronică evidențiind pătrunderea filamentelor de actină în ariile dense sub un unghi foarte ascuțit.

Joncțiunile intercelulare sunt reprezentate de:

- joncțiuni comunicante,
- joncțiuni intermediare și
- apoziții prin proiecții digitiforme.

Joncțiunile comunicante sunt de tip ***nexus (gap)*** și ocupă în medie circa 1% din suprafața plasmalemei. Din punct de vedere biochimic și ultrastructural nu diferă de joncțiunile gap din alte țesuturi. Ele reprezintă zone de cuplaj electric și metabolic între miocite, deoarece permit trecerea de la o celulă la alta a unor ioni și chiar a unor molecule mici (aminoacizi, nucleotide, monozaharide), iar rezistența electrică este scăzută, facilitând trecerea undei de depolarizare. Aceste joncțiuni, similar celor din alte țesuturi, sunt structuri dinamice, desfăcându-se și refăcându-se permanent în diferite zone, în funcție de stimulii care acționează la nivelul miocitului și de starea sa funcțională.

Joncțiunile intermediare reprezintă zone mecanice de cuplaj intercelular având o ultrastructură asemănătoare, dar nu identică, cu cea a joncțiunilor de tip adherens, prezente în țesuturile epiteliale. Datorită lor contracția fibrelor musculare netede individuale se exprimă ca o contracție a întregului mușchi.

Apozițiile și proiecțiile digitiforme sunt prelungiri cu forme și dimensiuni diferite pe care miocitele le trimit spre celulele învecinate, realizând un cuplaj intercelular de tip "roată dințată".

Sarcoplasma sau citoplasma miocitului prezintă o zonă centrală, cu aspect fin granular în microscopia optică, în care se găsește cea mai mare parte a organitelor comune și o zonă periferică, cu aspect fibrilar, în care domină aparatul contractil.

În zona centrală, sarcoplasma este formată din hialoplasmă în care s-a identificat, prin tehnicile de microscopie electronică, un bogat reticul sarcoplasmic neted dispus mai ales perinuclear, mitocondrii, ribozomi liberi, lizozomi, puțin RER și un aparat Golgi redus.

Mitocondriile ocupă aproximativ 5% din volumul celular, au formă alungită sau ovalară și sunt răspândite neuniform în toată sarcoplasma.

Prin tehnici de histochimie, histoenzimologie și microscopie electronică, în sarcoplasmă s-au mai pus în evidență numeroase **granule de glicogen**, izolate sau agregate "în plaje", **puține lipide** (constituind rezervele energetice ale celulei), **mioglobină** (pigmentul care dă culoarea roșie celulei) și **pigment lipofuscinic**.

Aparatul contractil este dispus în cea mai mare parte în zona periferică. Cu toate că în fibrele musculare netede există aceleași tipuri de proteine contractile ca în fibrele musculare striate, organizarea aparatului contractil este diferită.

Histologia clasică, pe baza imaginilor de microscopie optică, a descris prezența miofibrilelor în structura miocitului, mai ales în zona periferică. Studii de microscopie electronică au infirmat prezența miofibrilelor, arătând că imaginile remarcate de histologia clasică erau artefacte rezultate din precipitarea proteinelor în timpul fixării preparatelor.

Proteinele contractile, similar celor din fibra musculară striată, sunt organizate în **filamente subțiri de actină** și **filamente groase de miozină**, dar acestea **nu se organizează în sarcomere**, neexistând striile Z și nici benzile M. Tot microscopia electronică a pus în evidență în sarcoplasmă niste structuri dense la fluxul de electroni denumiți **corpi denși sarcoplasmici**.

Filamentele de miozină au o grosime medie de 15 nm și o lungime de 2,2 μm, moleculele de miozină din componența lor fiind asemănătoare, dar nu identice, cu moleculele de miozină din fibrele musculare striate.

Filamentele subțiri de actină din fibrele musculare netede sunt asemănătoare celor din fibrele musculare striate, având o grosime de 6-8 nm.

Raportul cantitativ dintre filamentele groase și cele subțiri nu mai este de 1/2 ca în fibra musculară striată, ci variază între 1/8 și 1/15. Filamentele subțiri de actină se dispun sub formă de rozete în jurul filamentelor de miozină.

Proteinele reglatoare sunt reprezentate de **tropomiozină**, **caldesmonă** și **calmodulină**, ultimele preluând acțiunea troponinei din fibrele musculare scheletice.

Corpii denși sarcoplasmici sunt formațiuni ultrastructurale prezente numai în fibrele musculare netede. Aceștia prezintă o formă ovalară, având lungimea de până la 1 μ și grosimea de 30-300 nm. În sarcoplasmă sunt distribuiți relativ dezordonați printre miofilamente, apreciindu-se că există aproximativ 10 corpi denși/ μ^2 de secțiune. Din punct de vedere structural ei apar formați dintr-o aglomerare de filamente subțiri de actină dispuse într-o matrice amorfă, osmiofilă. Pe ei se ancorează filamentele de actină, astfel că ei joacă rolul striilor Z din fibra musculară striată. Filamentele subțiri se mai ancorează pe ariile dense ale membranei celulare.

În sarcoplasmă s-au mai descris așa-zisele **filamente intermediare**, (datorită grosimei lor de circa 10 nm), care au rol de citoschelet celular, inserându-se cu un capăt pe ariile dense iar cu celălalt pe corpii denși.

Mecanismul contracției fibrei musculare netede este mai puțin cunoscut. Se consideră că la baza scurtării fibrei musculare stă tot un mecanism de alunecare a filamentelor de actină printre filamentele de miozină. Lipsa organizării în sarcomere a miofilamentelor explică atât forța de contracție mică cât și viteza de contracție redusă a fibrelor musculare netede.

Organizarea și localizarea țesutului muscular neted.

Fibrele musculare netede se asociază între ele prin intermediul țesutului conjunctiv formând în structura organelor interne păтури sau tunici. Foarte rar se organizează în fascicule (în stroma prostatei, miometru, mușchiul vezicii urinare).

În structura unei pături sau într-un fascicul, fibrele musculare netede se aranjează astfel: partea îngroșată a unei fibre se dispune în dreptul părților efilate a fibrelor supra- și subiacente, încât țesutul muscular neted din peretele organelor cavitare pare a avea o grosime uniformă.

Țesutul muscular neted se găsește în peretele tubului digestiv (din 1/3 mijlocie a esofagului până la anus), în pereții arborelui traheobronșic, în căile urinare extrarenale, în peretele tractului genital feminin și masculin, în tunica medie a vaselor, în peretele căilor biliare, în pereții canalelor mari ale glandelor cu secreție externă, în stroma prostatei, în iris și corpul ciliar, în capsula splinei etc.

Vascularizația țesutului muscular neted.

Datorită faptului că lucrul mecanic efectuat de fibrele musculare netede și cheltuielile energetice sunt mici, vascularizația sanguină și limfatică a țesutului muscular neted este mult mai redusă decât a țesutului muscular striat. Vasele sanguine, arteriole, capilare și venule, pătrund în păturile musculare pe calea unor septuri conjunctive, din țesuturile învecinate. Miocitele din tunica medie a vaselor sanguine se hrănesc prin difuziune.

Inervația țesutului muscular neted este dependentă de sistemul nervos vegetativ. Țesutul muscular neted din structura organelor interne are o inervație vegetativă dublă: simpatică și parasimpatică cu efecte antagonice.

**Smooth muscle
fibers (l.s.)**

**Nuclei of muscle
fibers**

**Connective
tissue**

Venule

**Smooth muscle
fibers (t.s.)**



