

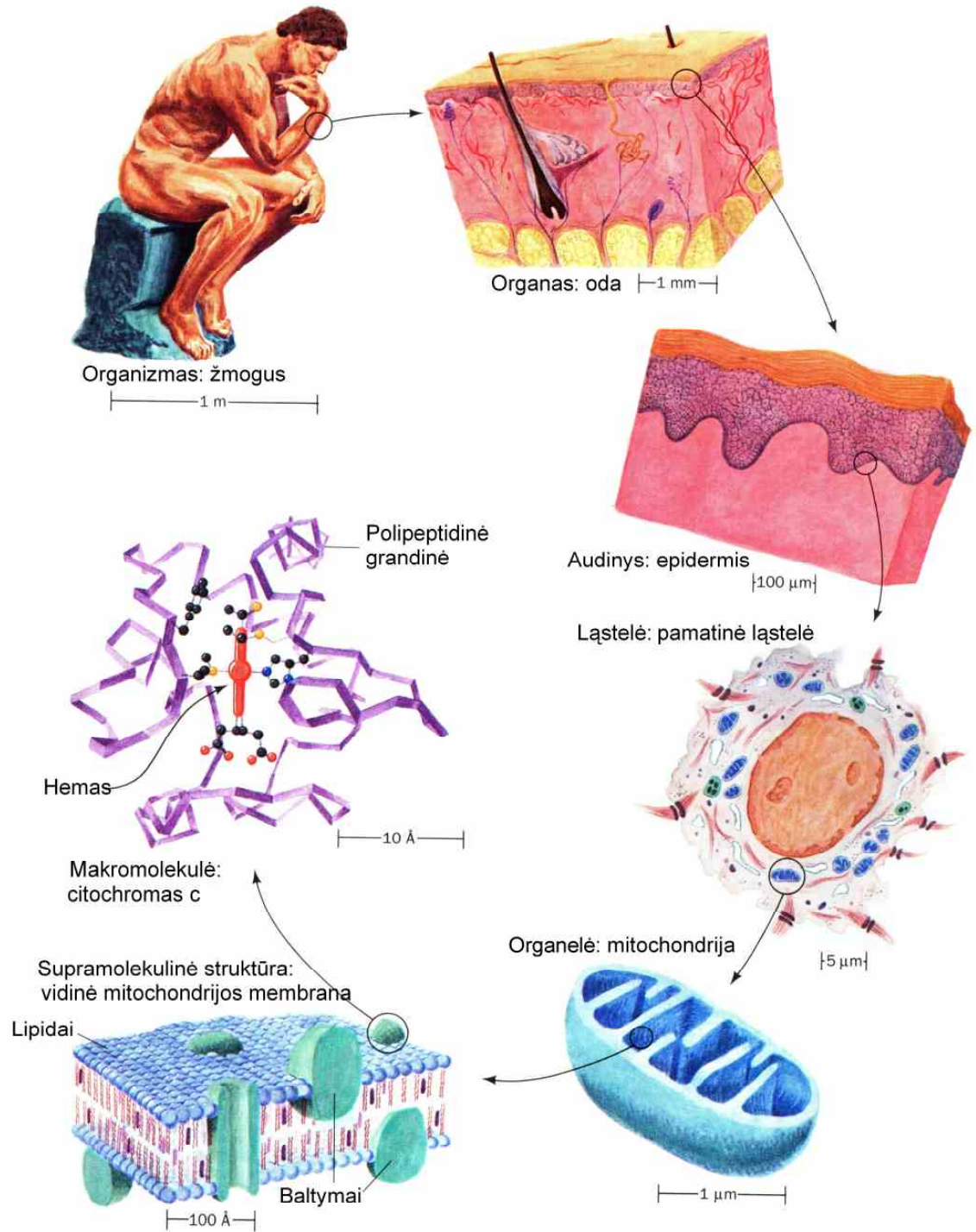
## TRUMPAI APIE BIOLOGINES STRUKTŪRAS

*Trumpai aprašyta ląstelių sandara, svarbiausi biopolimerai, jų erdvinės struktūros bei jas palaikančios jėgos, audinių tipai ir ląstelių jungimosi į audinius būdai*

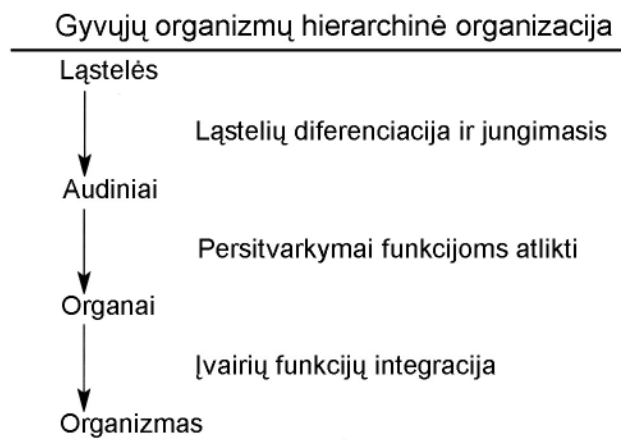
Daugialąščiai organizmai sudaryti iš organų, kuriuos sudaro audiniai, o pastarieji sudaryti iš ląstelių, kurios savo ruožtu sudarytos iš organelių (3.1 pav.).

**Ląstelės sandara.** Didžiąją dalį (apie 75–80 %) biologinių sistemų masės sudaro mažos molekulės: vanduo, aminorūgštys, angliavandeniai, lipidai ir įvairūs neorganiniai jonai. Likusią dalį – makromolekulės, kitaip vadinamos biologiniais polimerais. Tai peptidai ir baltymai (sudaryti iš aminorūgščių), DNR (deoksiribonukleorūgštys, sudarytos iš deoksiribonukleotidų), RNR (ribonukleorūgštys, sudarytos iš ribonukleotidų). Šie polimerai ir fosfolipidai yra ląstelės struktūros pagrindas. Visas ląsteles gaubia plazminė membrana; ji atskiria jos vidinę terpę nuo išorinės bei ląstelę nuo ląstelės.

Biologinėje visovėje esti dviejų tipų ląstelės. Prokariotinių ląstelių (bakterijų ir archėjų) sudėtis gana paprasta, jose nėra membrana apgaubto branduolio. Eukariotinių ląstelių sandara daug sudėtingesnė, jos turi membrana apgaubtą branduolį. Mažiausios organizuotą struktūrą turinčios dalelės yra virusai, o mažiausios galinčios reprodukuotis ląstelės yra bakterijos ir archėjos. Iš eukariotinių ląstelių sudaryti sudėtingi gyvieji organizmai. Galinčios diferencijuotis į kitus tipus ląstelės sudaro audinius ir organus (3.2 pav.), kurių visuma yra gyvas organizmas.

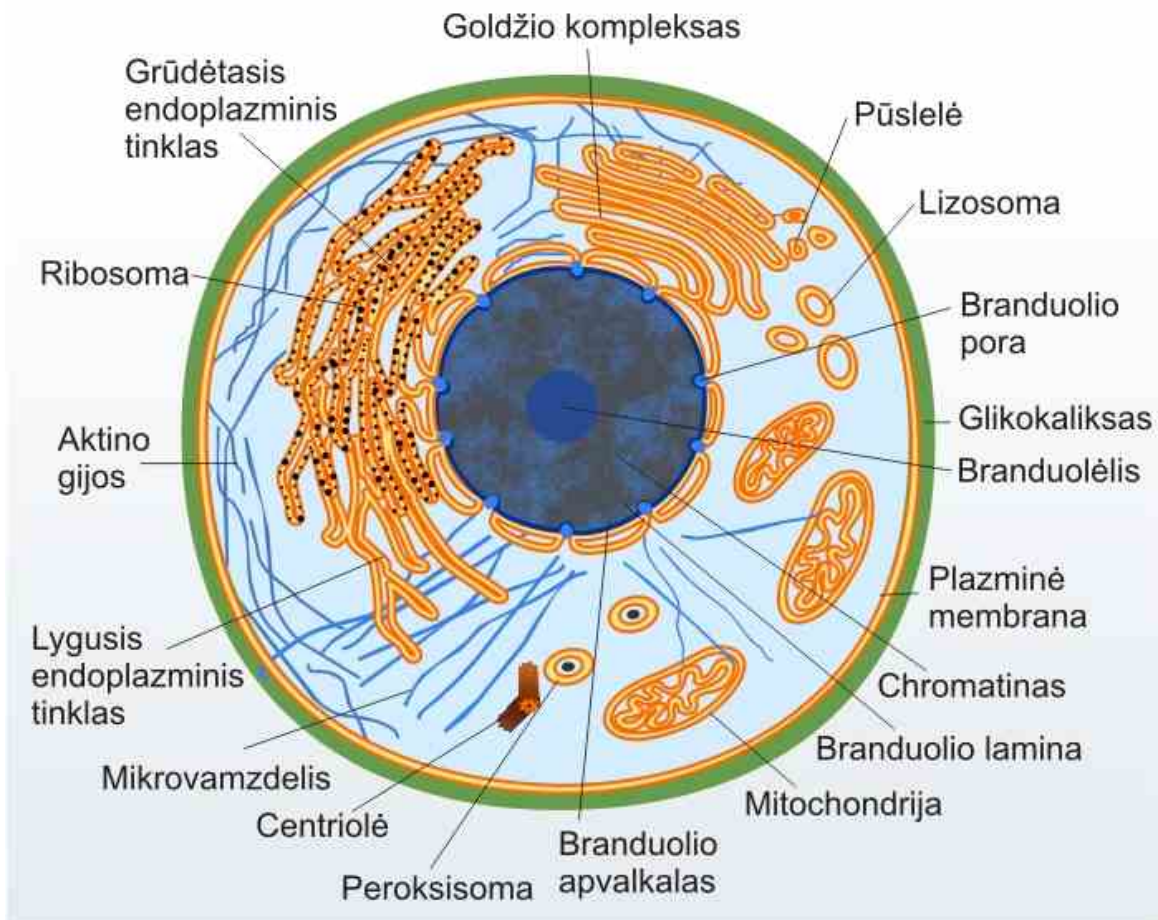


3.1 pav. Biologinių struktūrų hierarchinės organizacijos pavyzdys



**3.2 pav.** Biologinių struktūrų hierarchija

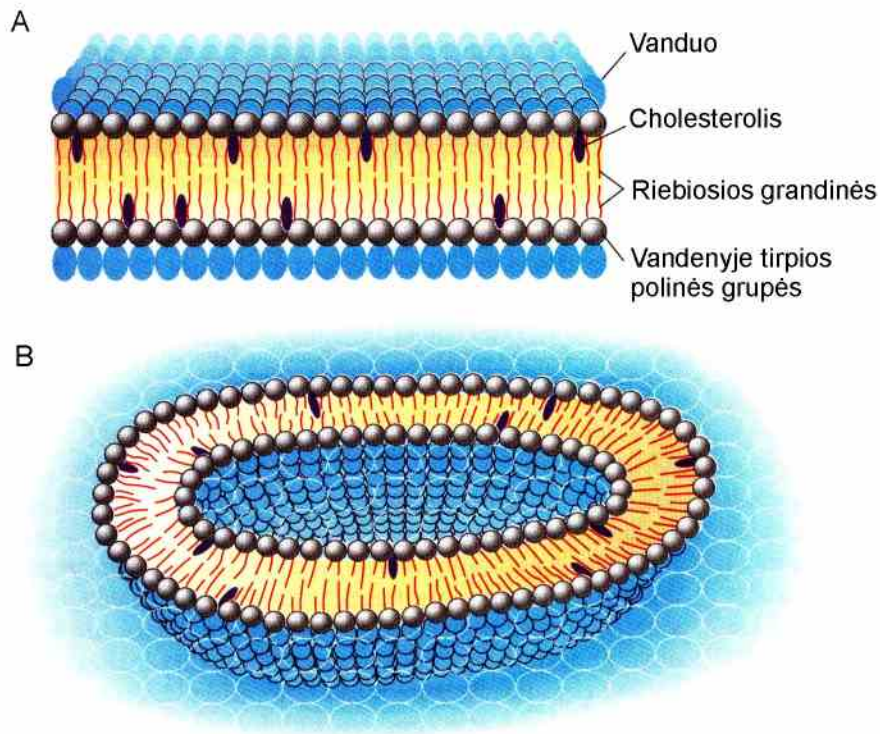
Ląsteles gaubia plazminė membrana (3.3 pav.). Membranos apgaubta erdvė (be branduolio) yra citoplazma, kurioje sutelktos visos ląstelės organelės. Citozolis yra citoplazmos skystis. Ląstelės organelės – tai tarsi maži organai, atliekantys ląstelėje įvairias funkcijas, panašiai kaip organai gyvuose organizmuose. Svarbiausios ląstelės organelės yra šios: branduolys, kuriame sukaupta dauguma genetinės informacijos; citoskeletas (ląstelės griaučiai), kuris išlaiko ląstelės formą ir padeda ląstelei ir jos dalims judėti; mitochondrijos, kuriose vyksta energijos gamyba; Goldžio kompleksas, kuriame vyksta baltymų ir lipidų molekulių sandaros keitimas ir rūšiavimas; grūdėtasis endoplazminis tinklas, ant kurio paviršiaus išsidėsčiusios ribosomos, dalyvaujančios baltymų sintezėje; lygusis endoplazminis tinklas, kuriame sintetinami lipidai; lizosomos – savotiški ląstelės virškinimo centrai, kuriuose esantys fermentai gali skaidyti beveik visus gamtinius polimerus; peroksisomos – pūslelės, kuriose yra oksidacijos fermentų.



**3.3 pav.** Gyvūnų ląstelė

Biologinės membranos yra į plėveles panašios labai plonos struktūros, kurių storis gali būti nuo 6 iki 10 nm. Lipidai ir baltymai yra svarbiausios membranų sudedamosios dalys. Beveik visi membranų lipidai yra amfifilinės molekulės. Tokių molekulių viena dalis yra hidrofilinė, kita – hidrofobinė. Dėl amfifilinių savybių fosfolipidai ir glikolipidai vandeniniuose tirpaluose sudaro dvisluksnį. Kai vanduo iš visų pusių supa lipidų molekules, jos jungiasi taip, kad polinės galvutės būtų atsuktos į vandens pusę, o hidrofobinės uodegėlės paslėptos dvisluksnio viduje (3.4 pav. A). Lipidų dvisluksnių hidrofobinės sritys nesiliečia su vandeniu (3.4 pav. B). Membranų takumas priklauso nuo

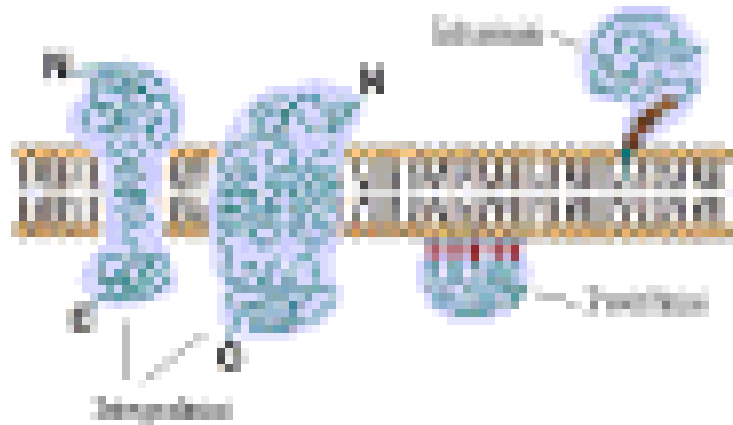
cholesterolio kiekio, kuris įvairiose membranose yra skirtingas. Daugiau cholesterolio turinčios membranos yra stangresnės. Cholesterolio molekulės hidrofobinė dalis yra įsiterpusi tarp fosfolipidų uodegėlių ir sudaro su jomis hidrofobinius ryšius, kurie suvaržo riebalų rūgščių grandinių judrumą. Hidrofilinė cholesterolio OH-grupė vandeniliniu ryšiu jungiasi su riebalų rūgšties karboksigrupės deguonimi ir taip pat suvaržo fosfolipido molekulės judrumą membranos plokštumoje.



**3.4 pav.** Fosfolipidinės membranos dvisluksnio schema

Membranose esantys baltymai atlieka įvairias funkcijas: veikia kaip siurbliai, kanalai, receptoriai ir fermentai. Jie yra atsakingi už atrankią medžiagų pernašą, membranose vykstančias fermentines reakcijas, signalų priėmimą ir perdavimą ir kt. Juos

galima skirstyti į paviršinius, integraliuosius ir inkarinius (3.5 pav.). Paviršiniai baltymai silpnais elektrostatiniais ir (arba) vandenilniais ryšiais jungiasi prie membranos paviršiaus ir, pasikeitus aplinkos pH ar joninei jėgai, lengvai nuo jo atitrūksta. Integralieji baltymai vieną ar kelis kartus perveria membraną ir išskiriami tik tai ją suardžius. Inkariniai baltymai hidrofobiniu inkaru prijungti prie membranos dvisluoksnio ir gali judėti membranos paviršiuje.



**3.5 pav.** Membraniniai baltymai

Viena iš svarbiausių membranos funkcijų yra riboti medžiagų difuziją taip, kad tam tikros medžiagos negalėtų iš ląstelės išeiti, o kitos – į ją patekti iš aplinkos. Molekulių pernaša pro membranas vyksta keliais būdais, tokiais kaip šie:

- paprastoji difuzija (mažos hidrofobinės molekulės prasiskverbia pro plazminę membraną pasyviai difunduodamos pro dvigubą fosfolipidų sluoksnį);
- palengvintoji pernaša (tam tikri baltymai (kanalai ir nešikliai) polinėms ar turinčioms krūvį molekulėms padeda prasiskverbti pro membraną panaudojant koncentracijos gradientą);
- jonų kanalai (kanalų baltymai sudaro membranoje poras, pro kurias laisvai prasiskverbia tam tikro dydžio ir krūvio molekulės. Toks pernašos būdas yra labai greitas ir atrankus, be to, dauguma kanalų būna uždari ir atsiveria tik po cheminio signalo arba elektrinės įtampos pokyčio);

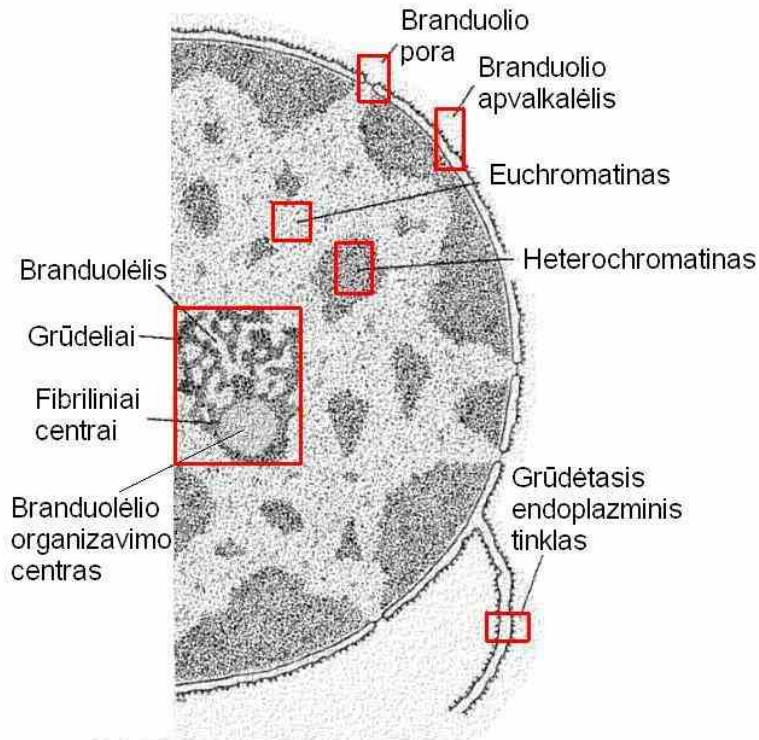
- aktyvioji pernaša panaudojant ATF hidrolizę (vyksta tuomet, kai medžiagos pernešamos prieš jų elektrocheminį gradientą);
- aktyvioji pernaša panaudojant jonų gradientą kaip energijos šaltinį.

Citoplazmai priklauso membrana apgaubtos ląstelės visas turinys, išskyrus branduolį. Taigi citoplazma supa eukariotinės ląstelės branduolį, joje yra įvairių organelių, o tarpai tarp jų užpildyti citozoliu. Jį sudaro klampi terpė, kurioje yra druskų, angliavandenių, lipidų, vitaminų, aminorūgščių, RNR ir baltymų. Citoplazmoje vyksta daugelis ląstelių augimo, metabolizmo ir dauginimosi funkcijų.

Po ląstelės membrana išsidėstęs sudėtingas baltyminių skaidulų tinklas, padedantis ląstelėms išlaikyti formą ir kryptingai judėti. Tai ląstelės griaučių, citoskeleto, dalis. Citoskeletas reguliuoja ir judėjimą ląstelės viduje: organelių gabenimą, chromosomų paskirstymą ląstelei dalijantis. Taigi citoskeletas atlieka įvairias funkcijas:

- išlaiko ląstelės formą;
- padeda ląstelei atlikti mechaninį darbą (pavyzdžiui, raumeninių ląstelių susitraukimą);
- leidžia ląstelėms šliaužioti (pavyzdžiui, po audinius);
- reguliuoja chromosomų atskyrimą mitozės ir mejozės metu;
- palengvina organelių judėjimą ląstelės viduje.

Branduolys yra didžiausia ląstelės organelė, dažniausiai rutulio, kurio skersmuo yra 4–10  $\mu\text{m}$ , formos, nuo citoplazmos atskirtas apvalkalu, kurį sudaro išorinė ir vidinė membranos (3.6 pav.). Visos eukariotinės ląstelės turi branduolį. Branduolyje (chromosomose) saugoma daugiausia ląstelės genetinės informacijos (likusi dalis, mažiau nei 1 %, – mitochondrijose). Daugialąsčių organizmų DNR yra didelės makromolekulės. Eukariotinių ląstelių branduolyje DNR nekovalentiniais ryšiais yra susijungusi su histoniniais ir nehistoniniais baltymais ir sudaro struktūrą – chromatiną. Branduolio apvalkale yra didelių baltyminių kompleksų – branduolio porų, per kurias juda medžiagos tarp branduolio ir citozolio. Branduolio viduje paprastai matomi 1–2 ovalūs ar apvalūs branduolėliai, kuriuose gaminamos ribosomų ribonukleorūgštys ir surenkami ribosomų subvienetai. Svarbiausios branduolio funkcijos – valdyti chemines reakcijas citoplazmoje ir informaciją apie ląstelių sandarą ir veiklą.



**3.6 pav.** Ląstelės branduolys

Mitochondrijos yra dinamiškos kintamos struktūros formos organelės, galinčios susiliesti į vientisus tinklus. Dažnai mitochondrija būna apskrita arba pailgos formos 0,1–1,5  $\mu\text{m}$  pločio ir 3–10  $\mu\text{m}$  ilgio. Mitochondrijos užima apie 20 % citoplazmos tūrio. Mitochondrija sudaryta iš vidinės ir išorinės membranų, tarp kurių yra siaura 6–8 nm pločio ertmė. Vidinės ir išorinės membranų lipidinė sandara ir fermentinis aktyvumas skirtingi. Skirtinga membranų struktūra yra svarbi įvairių junginių ir jonų laidumui. Vidinė membrana sudaro daug įlinkių, vadinamų kristomis. Šie membraniniai įlinkimai padidina jos paviršiaus, prie kurio jungiasi kvėpavimo procese dalyvaujantys fermentai, plotą. Vidinė membrana apgaubtame mitochondrijos užpilde yra DNR, ribosomų, fermentų. Mitochondrijos kartais vadinamos ląstelių jėgainėmis, nes čia gaminama energija. Vidinėje mitochondrijų membranoje esanti sudėtinga oksidacijos–redukcijos



sistema, perduodanti redukuotų kofermentų elektronus deguoniui, sudaro kvėpavimo grandinę.

Endoplazminis tinklas randamas beveik visose branduolį turinčiose ląstelėse. Jis supa branduolį ir jungiasi su branduolio apvalkalu. Yra grūdėtasis ir lygusis endoplazminis tinklas. Ant grūdėtojo endoplazminio tinklo išsidėsčiusios ribosomos – nedidelės ląstelės dalelės, kuriose vyksta baltymų sintezė. Ribosomų skersmuo yra apie 20 nm, jų ląstelėje yra daug, dauguma jų apkibusios grūdėtąjį endoplazminį tinklą, bet gali ir laisvai plūduriuoti citoplazmoje. Prisitvirtinusios prie grūdėtojo endoplazminio tinklo, ribosomos sintetina baltymus, kurių polipeptidinės grandinės sintezės metu prasiskverbia pro membraną ir atsiduria tinklo ertmėje. Taip grūdėtojo endoplazminio tinklo kanaluose kaupiasi baltyminės medžiagos. Pernašos pūslelės susintetintas baltymines medžiagas neša Goldžio komplekso link. Lygusis endoplazminis tinklas gamina kai kuriuos lipidus ir sacharidus.

Goldžio kompleksas sudarytas iš suspaustų maišelių, cisternų, smulkių pūslelių ir stambių vakuolių. Goldžio komplekse molekulės paruošiamos, „supakuojamos“ ir paskirstomos po ląstelę. Smulkiosios pūslelės yra pernašos struktūra, kuri palaiko ryšį tarp endoplazminio tinklo ir Goldžio komplekso.

Lizosomos yra vienguba membrana apgaubtos pūslelės. Jose yra apie 50 fermentų, skaidančių į ląstelę patenkančias dideles sudėtingų organinių junginių (baltymų, nukleorūgščių, polisacharidų) molekules. Lizosomų fermentai taip pat suskaido netinkamas ląstelės struktūras.

Peroksisomos yra vienmembranės organelės, aptinkamos beveik visose eukariotinėse ląstelėse. Svarbiausia jų funkcija ląstelėje – oksidacinis skaidymas, skirtas nuodingiems junginiams nukenksminti. Ypač svarbi peroksisomose vykstanti fermento katalazės katalizuojama vandenilio peroksido ( $H_2O_2$ ) skaidymo reakcija.

**Biologinės makromolekulės.** Ląstelėse yra dviejų skirtingų tipų molekulių – mažų molekulių ir makromolekulių, kurios sintetinamos skirtingais būdais. Mažos molekulės susidaro ir kinta individualių cheminių transformacijų būdu. Makromolekulės yra grandininiai polimerai, sudaryti iš daugybės mažų molekulių (monomerų), sujungtų kovalentiniais ryšiais. Biologinių polimerų molekulinės masės labai įvairios.

Visi gyvybiniai procesai vyksta dalyvaujant biologinėms molekulėms. Nors šių molekulių cheminė sudėtis skirtinga, jos turi bendrų struktūrinių bruožų, kurie vaidina svarbų vaidmenį formuojantis jų specifinėms savybėms ir būdingoms funkcijoms. Yra dvi bendros svarbios struktūrinės savybės, tai:

- makromolekulių susidarymas iš monomerinių vienetų;
- mažos energijos ryšių svarba išlaikant aukštesnio lygio struktūras.

Monomerai į biopolimerus jungiasi kovalentiniais ryšiais. Tie ryšiai paprastai susidaro išsiskiriant vandens molekulei. Svarbiausi ląstelių polimerai yra baltymai, nukleorūgštys ir polisacharidai. Baltymų atveju monomerai yra aminorūgštys, tarp kurių susidaro peptidiniai ryšiai ir taip susiformuoja polipeptidinės grandinės. Nukleorūgštys sudarytos iš nukleotidų. Polisacharidus sudaro įvairūs monosacharidai, sujungti į grandines glikozidiniais ryšiais.

Svarbi sujungtų elementų savybė yra ta, kad monomerų, sudarančių makromolekulines grandines skeletą, struktūra yra periodiška, skiriasi tik šoninės grupės, atsišakančios nuo pagrindinės grandinės.

**Baltymai.** Gyvoji gamta nuo negyvosios skiriasi daugeliu savybių, kurios dažniausiai susijusios su baltymais. Gyviems organizmams būdinga didžiulė baltyminių struktūrų įvairovė ir unikali struktūros organizacija, padedanti vyksti daugybei biologinių funkcijų. Šioje organizmų struktūrinėje ir funkcinėje vienybėje, kuri sudaro gyvybės esmę, baltymų vaidmuo yra bene svarbiausias.

Gamtoje yra apie  $10^{10}$  –  $10^{12}$  baltymų, kurie randami maždaug  $10^6$  gyvų įvairaus sudėtingumo organizmų rūšių, nuo virusų iki žmogaus. Iš šio milžiniško kiekio tiksliai sudėtis ir struktūra nustatyta tik gana nedidelės dalies. Gamtiniai baltymai sudaryti iš nedidelio kiekio gana paprastų struktūrinių blokų – aminorūgščių liekanų, sujungtų tarpusavyje peptidiniais ryšiais į polipeptidines grandines. Kadangi aminorūgštys gali jungtis į grandines įvairia tvarka, jos gali sudaryti begalinį kiekį įvairiausių baltymų.

Visiems baltymams būdingos šios savybės – jų makromolekulės sudarytos beveik vien iš:

- $\alpha$ -aminorūgščių liekanų, tarpusavyje sujungtų peptidinėmis jungtimis;
- L optinės izomerijos aminorūgščių.

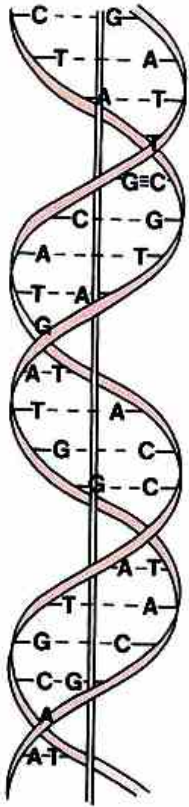
Dėl sąveikų tarp atskirų polipeptidinės grandinės sričių ir atskirų polipeptidinių grandinių, baltymų molekulės struktūra yra daug sudėtingesnė. Norint geriau suvokti baltymų struktūrą, ji skirstoma į keletą struktūros lygių – pirminę, antrinę, tretinę ir ketvirtinę. Ši struktūrų visuma ir lemia tikrą baltymo molekulės struktūrą.

Baltymai labai svarbūs biologiniams procesams. Tai fermentai, katalizuojantys sudėtingiausią cheminių reakcijų tinklą. Baltymai reguliuoja šias reakcijas tiesiogiai, nes yra fermentų komponentai, ir netiesiogiai, kaip cheminės informacijos nešikliai, hormonai, taip pat ir tų hormonų receptoriai. Jie veikia pernešant ir kaupiant biologiškai svarbias medžiagas – metalų jonus, deguonį, gliukozę, lipidus ir daugelį kitų molekulių. Kaip raumenų skaidulos ir kitos susitraukiančios struktūros, baltymai sužadina koordinuotą mechaninį judėjimą daugelyje biologinių procesų, įskaitant chromosomų atsiskyrimą dalijantis ląstelėi. Baltymas rodopsinas akies tinklainėje gauna juslinę informaciją, kuri yra apdorojama veikiant nervų ląstelių baltymams. Imuninės sistemos baltymai, pavyzdžiui, imunoglobulinai, sudaro svarbiausią biologinę gynybinę aukštesniųjų klasių gyvūnų sistemą. Baltymai yra svarbiausi genetinės informacijos pasireiškimo veiksniai, taip pat ir produktai.

**Nukleorūgštys.** Ląstelėse yra dviejų tipų nukleorūgštys: deoksiribonukleorūgštys (DNR) ir ribonukleorūgštys (RNR). Nukleorūgštis sudaro trijų grupių junginiai: heterociklinės bazės (pirimidinai ir purinai), monosacharidai ir fosforo rūgšties liekanos. Svarbiausios heterociklinės bazės (nukleobazės) yra citozinas (C), guaninas (G), adeninas (A), timinas (T) (DNR) ir uracilas (U) (RNR). Nukleobazėms tarpusavyje sąveikaujant, per vandenilinius ryšius susidaro nukleorūgščių antrinė struktūra. DNR molekulę sudaro dvi polinukleotidinės grandinės, susisukusios į spiralę apie bendrą įsivaizduojamą ašį. Grandinės jungia tarp nukleotidų azoto bazių esantys vandeniliniai ryšiai, išsidėstę spiralės viduje; jų plokštuma statmena spiralės ašiai. Adeninas su timinu sudaro du vandenilinius ryšius, o guaninas su citozinu – tris (3.7 pav.).

Nukleorūgščių funkcijos organizme yra gyvybiškai svarbios. Jose užkoduota visa organizmo sandaros, veiklos ir vystimosi informacija. DNR yra kiekvienoje gyvoje ląstelėje, daugiausia branduolyje, žymiai mažiau mitochondrijose ir chloroplastuose. DNR bazių sekoje užkoduota genetinė informacija naujoms ląstelėms perduodama dalijimosi metu, o per lytines ląsteles – individo palikuonims. DNR nukleotidų seka

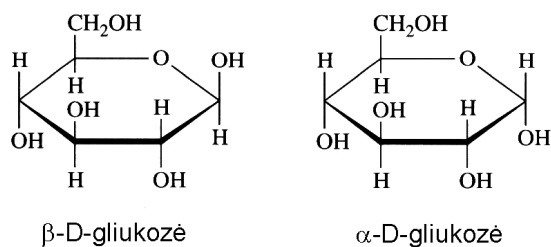
užkoduota informacija naudojama šiems procesams: (a) baltymų molekulių sintezei; (b) perduoti savo pačios struktūrą kitoms ląstelių ir organizmų kartoms. Abi funkcijos pagrįstos tuo, kad DNR molekulė yra kaip matrica: vienu atveju ji padeda transkripcijai, t. y. informacijai perkoduoti į RNR molekulės struktūrą; kitu – replikacijai, t. y. informacijai kopijuoti dukterinėse DNR molekulėse.



3.7 pav. DNR antrinės struktūros modelis

*Angliavandeniai*, arba sacharidai, yra svarbiausios ląstelių maisto molekulės, teikiančios energijos jų funkcijoms atlikti. Jie skirstomi į monosacharidus, oligosacharidus ir polisacharidus. Monosacharidai yra paprasčiausios struktūros sacharidai, kuriuos hidrolizuojant nebesusidaro mažesnės molekulinės masės junginiai. Eteriniais ryšiais tarpusavyje sujungti monosacharidai sudaro oligosacharidus. Polisacharidai, kaip ir oligosacharidai, sudaryti iš monosacharidų. Juos hidrolizuojant gali susidaryti tiek oligosacharidai, tiek monosacharidai.

Šešianaris ciklas – gliukozė (3.8 pav.) yra paprasčiausios struktūros monosacharidas, naudojamas kaip ląstelių energijos šaltinis: augaluose ji saugoma krakmolo forma, gyvūnuose – glikogeno.



3.8 pav. Gliukozės cheminė struktūra

Penkianariai ciklai – ribozė ir deoksiribozė – ląstelėse naudojami RNR ir DNR sintezei. Angliavandeniai yra daugelio fiziologiškai svarbių junginių: imunoglobulinų, nukleotidinių kofermentų, glikopeptidų bei glikoproteinų, glikolipidų, lipopolisacharidų ir kitų, sudėtinė dalis. Angliavandeniai suteikia jiems specifinių savybių įvairių fiziologinių procesų metu: lemia ląstelių paviršiaus biologinį specifiškumą, dalyvauja baltymų ir nukleorūgščių sintezėje, mažina trintį tarp sąnarių, sutvirtina ląstelių struktūrinius ir atraminius organus. Angliavandenių apykaitos sutrikimai sukelia kai kurias ligas, pavyzdžiui, diabetą.

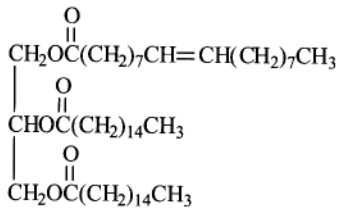
**Lipidai** yra sunkiai arba visai netirpstantys vandenyje, tačiau tirpstantys organiniuose hidrofobiniuose tirpikliuose, biologinių sistemų dariniai. Tai labai didelė organinių junginių grupė. Lipidai įeina į biologinių membranų sudėtį, todėl nuo jų priklauso membranų laidumas, nervinio impulso perdavimas bei tarpląstelių ryšių susidarymas. Lipiduose yra didžiausias iš visų gyvuose organizmuose sutinkamų organinių molekulių vandenilio kiekis, todėl jie sudaro pagrindinį ląstelių energinį rezervą (energija išsiskiria susidarant vandeniui, kai vandenilis reaguoja su oro deguonimi). Lipidai yra endogeninio vandens šaltinis; jie taip pat atlieka ląstelių apsauginę funkciją.

Įvairūs gyvuose organizmuose aptinkami lipidai pateikiami 3.9 paveiksle. Daugelis lipidų yra riebalų rūgščių dariniai. Gamtinėse riebalų rūgštyse būna porinis (nuo 4 iki 24) anglies atomų skaičius. Molekulės struktūrą sudaro viena karboksigrupė ir ilga nepolinė anglies atomų grandinė (R–COOH).

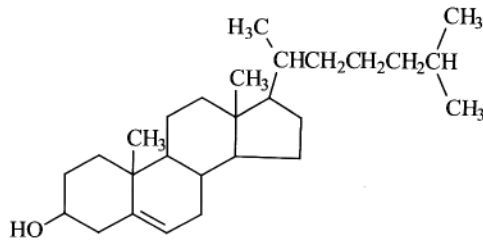
Glicerolio ir riebalų rūgščių esteriai yra riebalai (trigliceridai). Tai labiausiai nepoliniai iš visų lipidų junginiai. Jie yra pagrindinis endogeninės energijos šaltinis. Skylant trigliceridams, energijos išsiskiria dvigubai daugiau nei skylant angliavandeniams.

Fosfolipidai sudaryti panašiai kaip trigliceridai, tik juose viena iš glicerolio hidroksigrupių sudaro esterį su fosforo rūgštimi. Fosfolipiduose yra didesnė hidrofilinė dalis, kurią sudaro fosforo rūgštis ir tam tikras aminoalkoholis, pavyzdžiui, cholinas. Fosfolipidai yra pagrindiniai membranų lipidai.

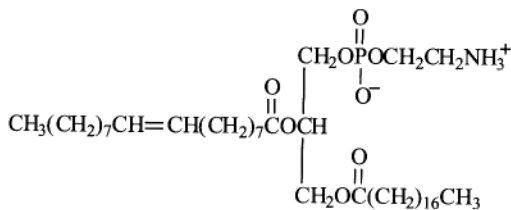
Steroidai yra ciklinės struktūros junginiai, kurių pagrindas – steranas. Šią struktūrą sudaro trys kondensuoti cikloheksano ir vienas ciklopentano ciklai. Gamtoje paplitę steroidų dariniai yra steroliai, iš kurių gyvuliniuose audiniuose pagrindinis yra cholesterolis.



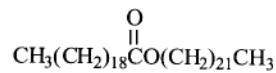
Trigliceridas



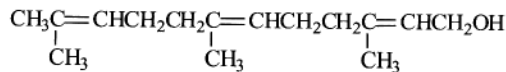
Cholesterolis



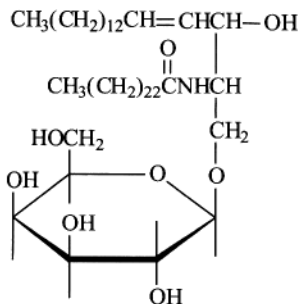
Fosfogliceridas



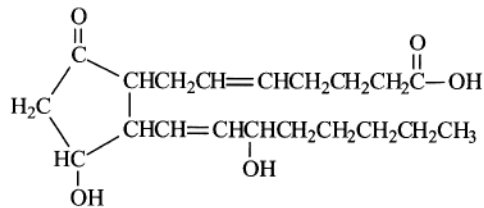
Vaškas



Terpenas



Glikolipidas



Prostaglandinas

### 3.9 pav. Įvairūs biologiniuose objektuose aptinkami lipidai

Prostaglandinai – biologiškai labai aktyvūs junginiai, kurių esama ne tik žmogaus, bet ir kitų gyvūnų organizme bei augaluose. Iš pradžių buvo manoma, kad juos gamina tik prostata (priešinė liauka), dėl to buvo parinktas toks jų pavadinimas. Yra apie 20 natūralių prostaglandinų. Svarbiausia jų biologinė funkcija – skatinti lygiųjų raumenų susitraukimus, ypač gimdos ir kiaušintakių. Jie taip pat dalyvauja įvairiose dauginimosi



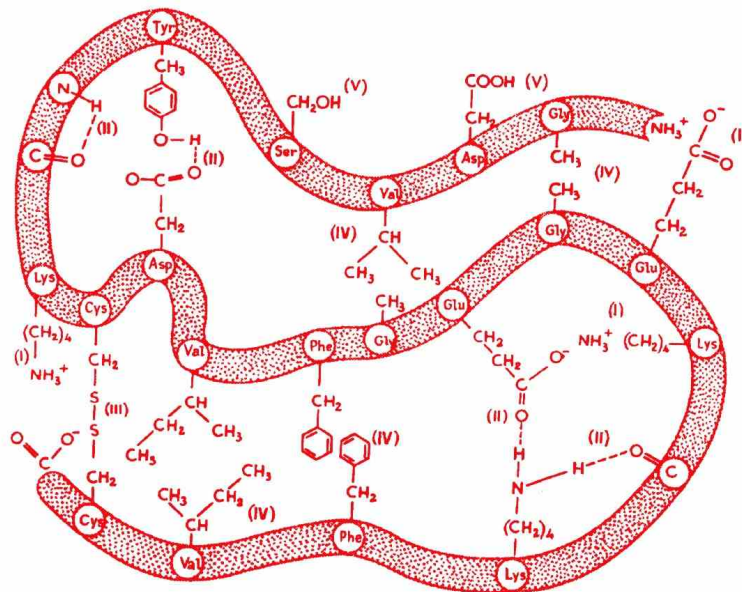
sistemos grandyse, turi įtakos spermatozoidų judrumui bei kiaušialąstės judėjimui kiaušintakiu.

Glikolipidų struktūroje yra riebalų rūgštys, sfingozinas ir angliavandeniniai. Šie junginiai pirmą kartą buvo išskirti iš smegenų.

Terpenai yra didelė grupė plačiai gyvajame pasaulyje paplitusių junginių. Jų molekulėje kartojasi izopreno fragmentas  $(C_5H_8)_n$ , o cirkluose arba šoninėse grandinėse yra dvigubų ryšių. Terpenams priklauso kaučiukas, karotinoidai ir kiti gamtiniai junginiai, kuriems būdingos vitaminų, hormonų, antibiotikų funkcijos.

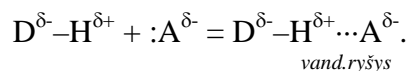
Vaškai yra ilgagrandžių riebalų rūgščių ir aukštesniųjų alkoholių esteriai. Stuburinių gyvūnų odos liaukų išskiriami vaškai atlieka apsauginę ir odą minkštinančią funkcijas. Vaškai sudaro apsauginę plėvelę ant augalų lapų, vaisių, paukščių plunksnų, taip pat atlieka daug kitų biologiškai svarbių funkcijų.

**Erdvinės biomolekulių struktūros.** Biologinės makromolekulės yra sudėtingos erdvinės struktūros junginiai. Jų erdvinį išsidėstymą lemia ne cheminiai ryšiai, o įvairios nekovalentinės sąveikos. Dėl šių sąveikų lanksčios aminorūgščių grandinės baltymuose gali sudaryti sudėtingas aukštesnio lygio erdvinės struktūras, o dvi komplementarios DNR grandinės jungiasi į dvigubas spirales. Tokios sąveikos yra vandeniliniai ryšiai, joninės, Van der Valso ir hidrofobinės sąveikos (3.10 pav.).



**3.10 pav.** Baltymo molekulę stabilizuojantys ryšiai. (I) Joniniai ryšiai – elektrostatinės sąveikos. (II) Vandeniliniai ryšiai susidaro tarp aminorūgščių liekanų ir peptidinių ryšių. (III) Disulfidiniai ryšiai susidaro tarp cisteino liekanų. (IV) Hidrofobiniai ryšiai atspindi nepolinių grupių sąveikas. (V) Hidratuotos grupės. Vandens molekulių sluoksnis stabilizuoja baltymo struktūrą

**Vandenilinis ryšys** yra silpna elektrostatinė sąveika tarp vienos molekulės vandenilio atomo, sujungto su neigiamo krūvio perteklių turinčiu atomu, ir kitos molekulės laisvą elektronų porą turinčio atomo:



$D^{\delta-}-H^{\delta+}$  yra silpnai rūgštinė donorinė grupė, tokia kaip N–H arba O–H, o A – silpnai šarminis, turintis laisvą elektronų porą atomas – akceptorius, pavyzdžiui, N arba O. Tokia sąveika yra galima dėl mažo H atomo: tik H branduoliai gali tiek priartėti prie laisvos elektronų poros debesėlio, kad atsirastų pakankamo dydžio elektrostatinė sąveika. Vandeniliniu ryšiu yra susijungusios vandens molekulės. Vandeniliniam ryšiui susidaryti donoro atomas turi būti elektriškai neigiamas, o kovalentinė jungtis D–H – polinė. Akceptoriaus atomas taip pat turi būti elektriškai neigiamas ir jo išorinis sluoksnis turi turėti bent vieną laisvą elektronų porą, kuri trauktų teigiamą vandenilio atomo krūvį. Biologinėse sistemose ir donoriai, ir akceptoriai paprastai būna azoto ir deguonies atomai –NH<sub>2</sub>, –C=O ir –OH grupėse.

Dėl vandenilinių ryšių tarp heterociklinių bazių susidaro DNR dvigubos spiralės struktūra. Adeninas sudaro du vandenilinius ryšius su timinu, o guaninas – tris vandenilinius ryšius su citoziniu. Bazių jungimosi į poras specifiskumas aiškinamas pusių padėtimi ir poliškumu, t. y. vandenilinis ryšys negalėtų susidaryti, jei du vandenilio atomai ar dvi laisvos elektronų poros atsidurtų viena prieš kitą. Tik tam tikrų padėčių ir poliškumo poros gali jungtis, pavyzdžiui, adeninas su timinu ir guaninas su citoziniu (3.7 pav.).

**Joninės sąveikos.** Tai sąveikos tarp skirtingą krūvį turinčių jonų ar jonų grupių. Dėl joninės sąveikos vyksta ir jonų hidratacija joniniam junginiui tirpstant vandenyje. Vandenyje atsirandanti jono ir priešingai įelektrinto vandens molekulės dipolio sąveika atplėšia jį nuo kristalo ir apsupa stabiliu, kompaktišku kiautu iš vandens molekulių.

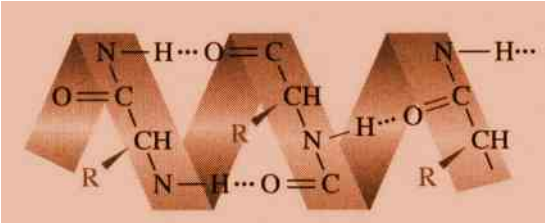
**Van der Valso sąveikos.** Visi atomai ir molekulės stipriau ar silpniau traukia vieni kitus. Jeigu šalia neutralios molekulės atsiranda kita dipolį turinti molekulė, ji indukuoja joje priešingo ženklo krūvį ir molekulės ima viena kitą traukti. Šios jėgos padeda išlaikyti sąveiką tarp tokių skysčio molekulių, kurios negali sudaryti vandenilinių ryšių.

**Hidrofobinės sąveikos.** Svarbiausias tirpiklis biologiniuose objektuose yra vanduo – polinė molekulė, turinti dipolio momentą. Vandenyje gerai tirpsta polinės ir joninės medžiagos, dėl to jos vadinamos hidrofilinėmis. Nėpolinės medžiagos vandenyje beveik netirpsta ir yra vadinamos hidrofobinėmis. Biologinėse molekulėse dažniausiai pasitaikantis nėpolinis kovalentinis ryšys yra tarp dviejų anglies atomų arba tarp anglies ir vandenilio atomų. Nėpolinės angliavandenilių ir riebalų molekulės vandenyje netirpios. Atsidūrusios vandenyje, nėpolinės molekulės didina vandens molekulių tvarkingą išsidėstymą, dėl to sumažėja vandens entropija, o tai yra energišškai nenaudinga. Energiškai naudingiau, kad tokios molekulės kuo mažesniu paviršiumi sąveikautų su vandens molekulėmis, o tai įmanoma, kai molekulės sukimba kartu. Sukibusių molekulių viduje susidaro nėpolinė (hidrofobinė) aplinka, be to, mažiau vandens molekulių sąveikauja su hidrofobinėmis sritimis.

Vandenilinės jungtys, joninės, van der Valso ir hidrofobinės sąveikos yra daug silpnesnės už kovalentinius ryšius, tačiau jos svarbiausios susidarant baltymų ir DNR erdvinėms struktūroms ir biomembranom.

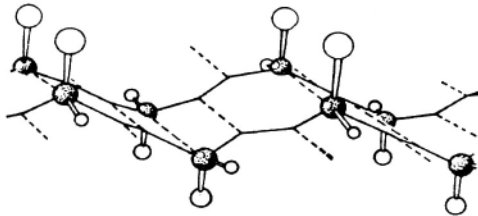
**Pirminė makromolekulių struktūra.** Baltymai ir nukleorūgštys yra nešakoti biopolimerai, kurių pirminę struktūrą nusako kovalentinė grandinė  $R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_n$ ; čia  $R_i$  nurodo  $i$ -tąją grandį. Svarbi baltymų, nukleorūgščių ir daugelio polisacharidų savybė yra ta, kad jų monomeriniai vienetai visada jungiasi „galvos su uodega“ principu, t. y. grandinės turi kryptį. Taigi simboliai  $R_a R_b$  ir  $R_b R_a$  žymi skirtingos cheminės struktūros molekules, o polimerinės grandinės  $R_1 \dots R_n$  galai turi skirtingas chemines savybes. Biopolimero cheminei struktūrai aprašyti būtina nurodyti visų fragmentų seką. Ši seka sudaro pirminę struktūrą. Taigi pirminė baltymų struktūra – tai peptidiniais ryšiais sujungtų aminorūgščių seka. Ji gali būti sudaryta iš kelių polimerinių grandinių, sujungtų skersiniais kovalentiniais tilteliais. Pirminė kovalentinių ryšių struktūra lemia aukštesnes makromolekulių struktūras.

Antrinė struktūra nusako atskirų polimerinės grandinės segmentų erdvinę sąrangą, palaikomą vandenilinių ryšių tarp  $=N-H$  ir  $=C=O$  grupių. Baltymuose polipeptidinės



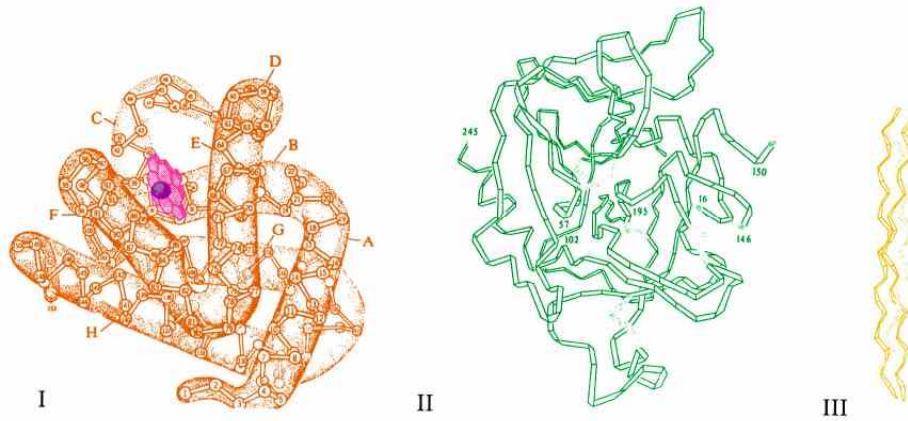
**3.11 pav.** Antrinė baltymo struktūra ( $\alpha$ -spiralė)

grandinės gali būti išdėstytos dvejopai: sudaryti  $\alpha$ -spiralę (3.11 pav.) arba  $\beta$ -struktūrą (3.12 pav.).  $\alpha$ -Spiralę stabilizuoja vandeniliniai ryšiai tarp kiekvienos pirmos



**3.12 pav.**  $\beta$ -struktūra: punktyrinės linijos nurodo vandenilinius ryšius

aminorūgšties karboksigrupės deguonies ir kiekvienos ketvirtos aminorūgšties  $=N-H$  grupės vandenilio. Pagal Votsono-Kriko (Watson-Crick) modelį DNR yra sudaryta iš dviejų polinukleotidinių grandinių, susuktų dešiniojo sukimosi spirale apie tariamą ašį (3.7 pav.). Grandines jungia vandeniliniai ryšiai tarp heterociklinių bazių.



**3. 13 pav.** Trys būdingos baltymų tretinės struktūros (parodytos tik  $\alpha$ -anglies atomo padėty). (I) Mioglobinas susideda iš  $\alpha$ -spiralių, kurios pažymėtos A–H raidėmis, ir turi hemogrupę. (II)  $\alpha$ -chimotripsinas turi tris polipeptidines grandines ir nedidelį  $\alpha$ -spiralės fragmentą. Jam būdingas nemažas kiekis  $\beta$ -struktūrų ir keturi disulfidiniai tilteliai (šviesesni). (III) Dalis kolageno spirālės, sudarytos iš trijų polipeptidinių grandinių, kurių kiekviena irgi turi spirālės pavidalą. Susipynusios šios spirālės sudaro tretinę struktūrą

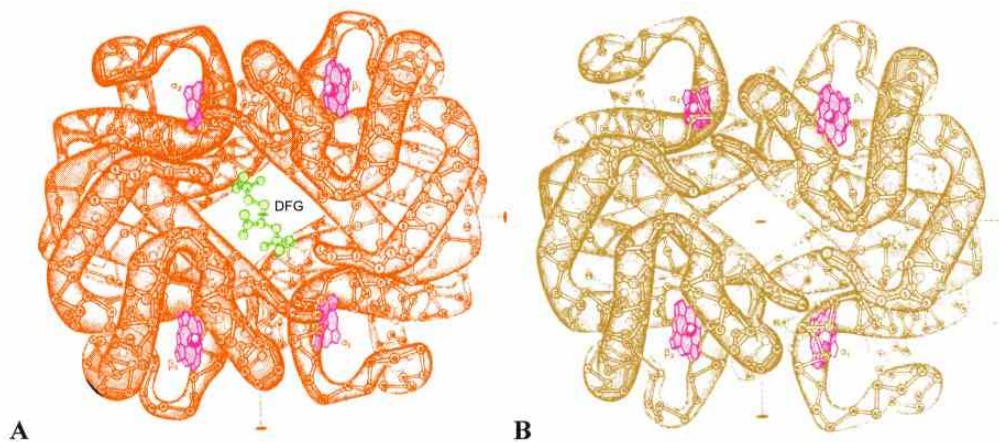
Tretinė struktūra vadinamas visų polipeptidinės grandinės grupių ir atomų išsidėstymas erdvėje. Formuojantis tretinei baltymo struktūrai, didžiausią įtaką daro tarp šoninių pakaitų vykstanti sąveika, kuri gali būti tokia:

- joninė;
- disulfidiniai ryšiai;
- vandeniliniai ryšiai;
- hidrofobinė.

Tretinė struktūra sudaro baltymo globulę (3.13 pav.). Tokiuose paveiksluose būna tiek daug detalių, kad iš jų sunku suvokti visą prasminę informaciją. Todėl dažnai tretinė struktūra vaizduojama schemiškai, nurodant tik pagrindinę polimero grandinę ir kartais kiekvienos liekanos, pavyzdžiui, baltymo atveju  $\alpha$ -anglies atomo padėtį.

Baltymo tretinė struktūra būtina, kad galėtų vykti jo biologinės funkcijos. Pažeidus erdvinę struktūrą, kinta baltymo savybės ir biologinis aktyvumas. Nutraukus vandenilinius ar joninius ryšius arba suardžius hidrofobinę sąveiką, atsiranda esminių baltymo funkcijos pokyčių. Pavyzdžiui, po pokyčių aktyviajame fermento centre, jis netenka biologinio aktyvumo. Iš vienos polipeptidinės grandinės sudaryti baltymai turi tik tretinę struktūrą.

Ketvirtinė struktūra susidaro, kai keli tretinės struktūros subvienetai susijungia į nekovalentiniais ryšiais stabilizuotą asociatą. Subvienetai tarpusavyje jungiasi per paviršiuje esančių polinių aminorūgščių radikalus, tarp kurių susidaro daug vandenilinių ir joninių ryšių, stabilizuojančių baltymo ketvirtinę struktūrą. Ketvirtinės struktūros subvienetai gali būti vienodi arba skirtingi, o jų išsidėstymas tiek simetrinis, tiek nesimetrinis. Ketvirtinės struktūros pavyzdys – stuburinių hemoglobinas (3.14 pav.). Šią molekulę sudaro keturi subvienetai: po du dviejų ( $\alpha$  ir  $\beta$ ) tipų. Kiekvienas subvienetas – tai polipeptidinė grandinė, sudėstyta į kompaktišką globulinę tretinę struktūrą.



**3.14 pav.** Ketvirtinė hemoglobino struktūra. Ją sudaro keturi subvienetai, kurių kiekvienas susijungęs su hemu. A – deoksihemoglobinas; difosfoglicerato (DFG) molekulė stabilizuoja struktūrą. B - oksihemoglobinas

**Audiniai.** Audinys yra ląstelių ir neląstelių struktūrų sistema, kurią jungia bendra kilmė, sandara ir funkcijos.

Visi audinio elementai funkcionuoja kartu, jie yra sujungti į vieną sistemą. Be ląstelių, audinius sudaro ir kitos histologinių struktūrų rūšys: simplastai, sincicijai, tarpląstelinė medžiaga; pastaroji gali būti dvejopa – skaidulos ir pagrindinė medžiaga.

Audinio ląstelės gali būti nutolusios viena nuo kitos, pavyzdžiui, puriojo jungiamojo audinio, o gali būti glaudžiai viena prie kitos prigludusios, pavyzdžiui, epitelinio audinio.

Atsižvelgiant į morfofunkcines savybes, skiriamos šios audinių grupės:

1. Epitelinis audinys, *textus epithelialis*, sudarytas tik iš ląstelių, kurios sudaro tam tikrus klodus, dengiančius paviršius bei kūno ertmes.
2. Jungiamasis audinys, *textus connectivus*, sudarytas iš ląstelių ir didelio kiekio tarpląstelinės medžiagos.
3. Raumeninis audinys, *textus muscularis*, sudarytas iš raumeninių skaidulų (ląstelių), gebančių susitraukti.
4. Nervinis audinys, *textus nervosus*, sudarytas iš nervinių ląstelių ir neuroglijos. Sugeba priimti dirginimą ir praleisti nervinį impulsą.

Į kiekvieno organo sudėtį įeina daugelis audinių. Tarp atskirų audinių yra glaudus funkcinis ryšys. Jie vienas be kito negali funkcionuoti. Pavyzdžiui, raumenines skaidulas supa purusis jungiamasis audinys, jame yra nervinių skaidulų, kapiliarų, be kurių negalėtų funkcionuoti raumeninis audinys. Epitelinis audinys negali funkcionuoti be puriojo jungiamojo audinio. Pašalinus pastarąjį, epitelinis audinys žus.

Pagrindinis audinio elementas yra ląstelė. Nuo morfofunkcinių ląstelės savybių priklauso audinio savitumas. Audinius sudarančios ląstelės geba daugintis, t. y. atsinaujinti. Atsižvelgiant į dauginimosi aktyvumą ir diferenciaciją, išskiriamos keturios ląstelių rūšys: gemalinės, statinės, augančiosios ir atsinaujinančiosios ląstelės.

Gemalinė ląstelių populiacija – tai gemalo raidos metu esančios ląstelės. Šiuo laikotarpiu vyksta ląstelių dauginimasis, jų pažinimas ir sukibimas – adhezija.

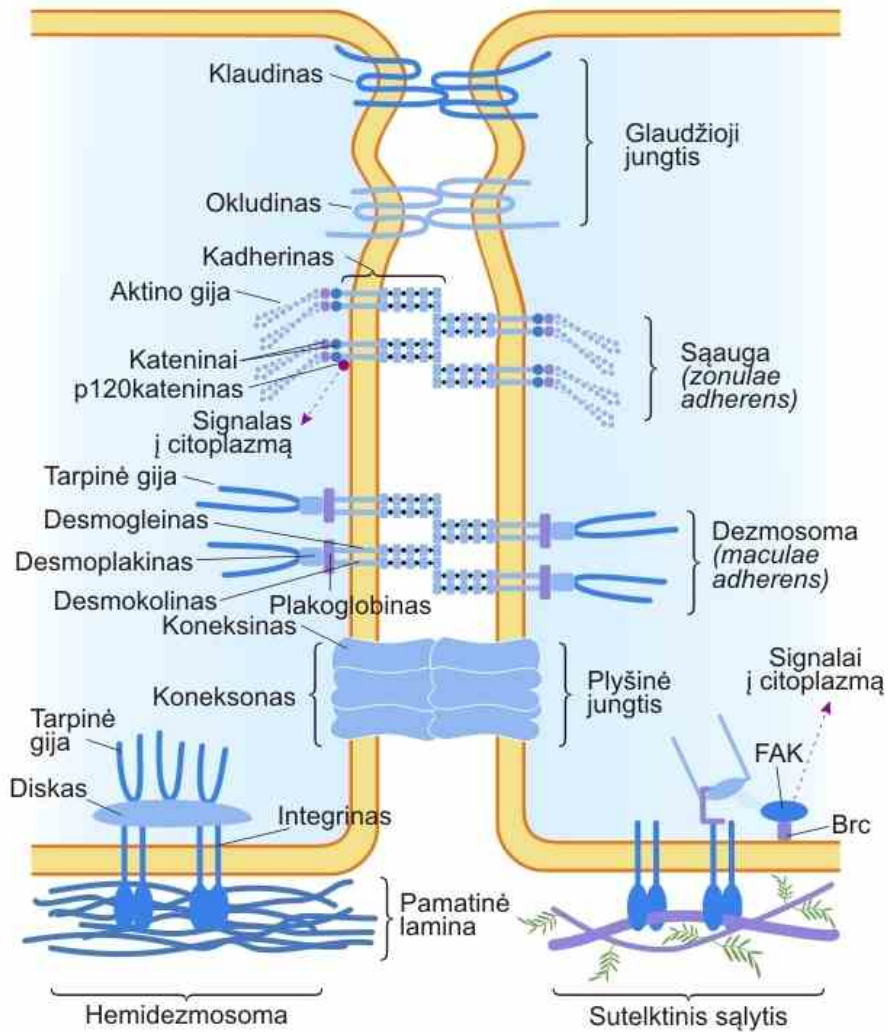
Statinių (nekintančiųjų) ląstelių populiaciją sudaro diferencijuotų ilgaamžių ir trumpaamžių ląstelių grupė, kuri prarado galimybę daugintis. Organizmo išskiriamos trys tokių diferencijuotų ląstelių kategorijos:

1 kategorijai priklauso didžiausią diferenciaciją pasiekusios ląstelės, pavyzdžiui, nervinės.

2 kategorijai priklauso taip pat labai specializuotos ląstelės, atliekančios svarbias funkcijas. Jos normaliomis sąlygomis nesidalija. Tai žarnų epitelio ląstelės. Jos yra specializuotos, bet nuolatos nusilupa ir, kad papildytų populiaciją, atsikuria iš tos pačios eilės kamieninių ląstelių, esančių žarnų kriptose.

3 kategorijai priklauso specializuotos kepenų ląstelės, kurios normaliomis sąlygomis nesidalija, tačiau tam tikromis sąlygomis geba dalytis. Pašalinus dalį kepenų, ląstelės pradės dalytis.

Augančiųjų ląstelių populiaciją sudaro ląstelės, kurios dauginasi mitozės būdu. Ląstelėms diferencijuojant ši savybė pamažu silpnėja. Atsinaujinančiųjų ląstelių populiacijai būdinga daug mitotiškai besidauginančių ląstelių ir daug žūvančių ląstelių. Tarp besidauginančių ir žūvančių ląstelių yra pusiausvyra, jų nesumažėja (pavyzdžiui, epidermio ląstelės).



3.15 pav. Ląstelių jungimasis į audinius



**Ląstelių jungimasis į audinius.** Audinys yra tam tikru būdu sujungtų ląstelių darinys, iš kurio formuojasi specifines funkcijas atliekantys organai. Audiniuose ląsteles supa sudėtingas makromolekulių darinys – viršląstelinis dangalas, kuris padeda ląstelėms susijungti ir sudaryti audinius, o šiems – organus. Žmogaus audiniuose kiekviena ląstelė gali daugelyje vietų jungtis su kitomis ląstelėmis. Atsižvelgiant į atliekamas funkcijas, ląstelių jungtys yra skirstomos į keturias grupes: dezmosomas, sąaugas, glaudžiausias ir plyšines jungtis (3.15 pav.).

Kai dviejų ląstelių viduje su citoskeletu susijungusios citoplazminės plokštelės tarpusavyje jungiasi tarpląstelinėmis skaidulomis, susidaro dezmosominė jungtis. Tokių organų, kurių audiniai gali išsitempti (pavyzdžiui, širdies, skrandžio, šlapimo pūslės) ląstelės susijungusios dezmosominėmis jungtimis. Jei susidaro glaudžiosios jungtys, ląstelės susijungia dar tvirčiau, nes tada sulimpa dviejų ląstelių plazminių membranų baltymai. Tokios jungtys būdingos tų audinių ląstelėms, iš kurių sudarytos organų sienelės atlieka barjero vaidmenį (pavyzdžiui, žarnų ar inkstų).

Plyšinės jungtys yra dažniausiai pasitaikančios tarpląstelinės audinių jungtys. Jos leidžia ląstelėms sąveikauti, nes yra tarsi plyšeliai tarp ląstelių. Šiuos plyšelius užpildo kanalus sudarantys baltymai, kurie praleidžia jonus ir mažos molekulinės masės junginius iš vienos ląstelės į kitą. Plyšinės jungtys atlieka labai svarbų vaidmenį širdies raumenyje ir lygiuosiuose raumenyse, nes jos praleidžia būtinus ląstelėms susitraukinti jonus.