

# Ārpussūnas matriks

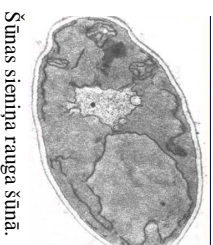
10. tēma

Gandrīz visiem prokariotu un eikariotu šūnu tipiēm plazmatiskās membrānas ārpusi pārkļāj olbaltumvielu, ogļhidrātu u.c. vielu kompleks, kas paliekina šūnu mehānisko izturību vai daudzšūnu organisma saista savā starpā kaimiņu šūnas. To sauc par **ārpussūnas** matriksu.

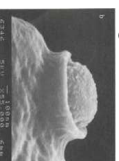
## Ārpussūnas matriksa funkcijas

- Nodrošina šūnu adhēziju;
- nodrošina šūnu formu un dažos gadījumos arī polaritāti;
- regulē gēnu ekspresiju, jo darbojas kā viens no pirmajiem posmiem šūnu signālsistēmā;
- regulē šūnu augšanu;
- regulē šūnu diferenciāciju.

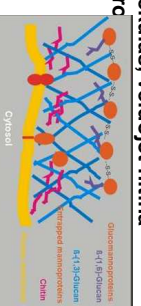
## Sēņu sūnu arpusūnas matriks



Šūnas sienīņa rauga šūnā.



Rauga šūnas sienīņas shematiska uzdvē.



Rauga šūnas pumpurošanās.

Raugu šūnu atēti iegūti no : [http://biochemie.web.med.uni-muenchen.de/Year1\\_Biology02\\_Cellfunction.htm](http://biochemie.web.med.uni-muenchen.de/Year1_Biology02_Cellfunction.htm)

## Augu sūnu arpusūnas matriks

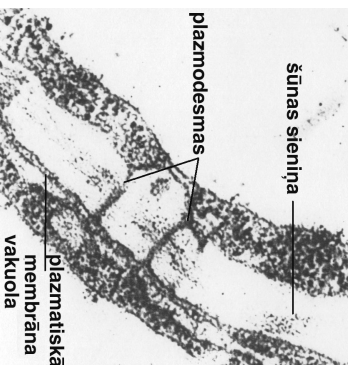
Prokariotu, augu un sēņu šūnu gadījumā ārpusšūnas matriks ir šūnas sienīņa.

Atšķirībā no dzīvnieku šūnām, augos šūnu sienīņas ir ļabi redzamas. Šūnas sienīņas nodrošina augiem mehānisko izturību un pasargā tās no dažāda veida nelabvēlīgas iedarbības. Vairākos gadījumos šūnu iekšējais saturs ir atmiris un tās veido tikai šūnas sienīņa. Tāda situācija ir

## Augu šūnu arpusūnas matriks 2

Dažādos audos šūnu sienīņām var būt atšķirīgs biežums, struktūra un ķīmiskais sastāvs. Taču nemainīgs saglabājas viens no galvenajiem elementiem - **celulozes** mikrofibrillas.

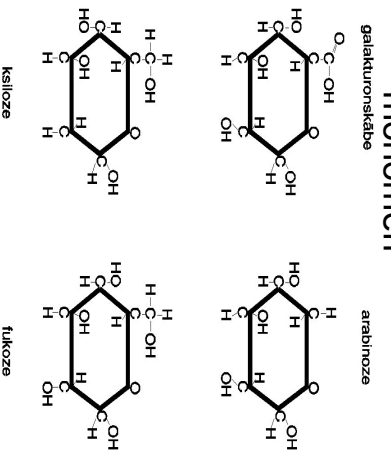
## Augu šūnu sienīga



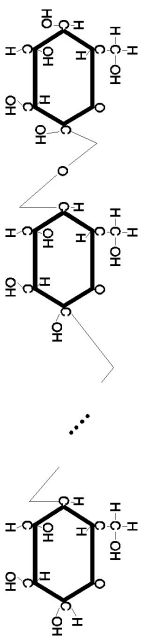
## Citi glikozes polimēri

Sēņu un raugu šūnu sienīgās tiek izmantoti citi cukuru monomēri. Tā var būt *kalloze*. Atšķirībā no celulozes, glikozi tur apvieno  $\beta$  saites starp 1. un 3. oglekļa atomu. Citos gadījumos šūnu sienīgās veido *hiifns*. To veido acetilglikozamīna polimēri. Aļģu šūnās sienīņu veido *ksilozes*, *mannozes* vai *glikozes* polimēri. Dažkārt tie ir apvienoti arī *heteropolimēros*. Heteropolimēri parādās arī augstākajos augos. Tie paliekina šūnas sienīņu matricā mehānisko izturību. Augstākajos augos tie parādās vai nu specializētās šūnās, vai arī bojātos šūnu sienīņu reģionos.

## Biežāk sastopamie pektīnu monomēri



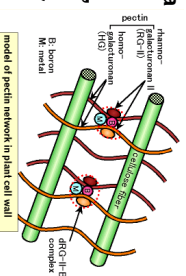
## Molekulārais sastāvs



Šūnas sienīņu veido fibrillas un matricss. Visvairāk šūnu sienīgās atrodas celuloze. Pārējās vielas veido irdenu matricssu, kurā ir ievietoti celulozes mikrofibrillu kūlīši. Celuloze ir polisaharīds, kurā ir apvienotas glikozes molekulas. Starp glikozes 1 un 4 oglekļa atomiem veidojas  $\beta$  saites, apvienojot šīs molekulas garās, tievās mikrofibrillās. Molekulu skaits vienā mikrofibrillā var būt mainīgs, bet caurmērā tas ir apmēram 10000. Mikrofibrillu kūlīti ir apvienotas

## Pektīni

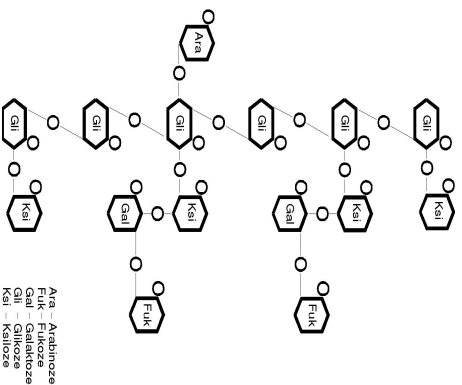
Pektīnus veido samērā plaša polisaharīdu grupa. Kā monomērus pektīnos izmanto arabinozi, galaktozi, galakturonskābi, metanolu u.c. Pektīni bieži ir saistīti ar magniju un kalciju, veidojot pektātus. Pektīna savienojumi parasti ir ūdenī nesšķīstoši, bet šūnu sienīgās fermenti tos var pārveidot arī šķīstošā formā. Ja šādiem pektīniem pievieno mazmolekulārus cukurus, tad veidojas gēli.



## Hemiceluloze

Šūnu sienīgā atrodas arī hemiceluloze. Tās galvenā sastāvdaļa ir glikoze. Taču tai ir dažāda garuma sazarotas sānu ķēdes, kas ir veidotas no ksilozes, galaktozes, mannozes, glikozes, glikozomannozes u.c. veidu monomēriem. Hemiceluloze, līdzīgi kā celuloze, veido mikrofibrillas. Taču tās ir daudz īsākas un parasti ir haotiski novietotas šūnu sienīgā. Hemicelulozes sānu ķēdes veido nekovolentu mijiedarbību ar citām šūnas sienīgās matricā malakulām

## Hemicelulozes molekulas fragmenta struktūras shēma.



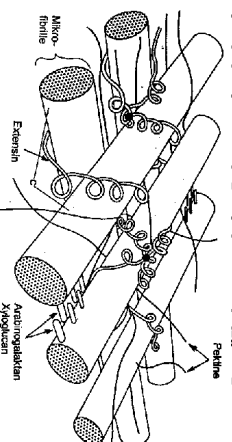
Citi glikoproteīni un proteoglikāni palīdz apvienot polisaharīdu molekulas, savieno šūnas sienīņu ar plazmatisko membrānu, un tiem pienīt arī fermentatīva aktivitāte. Fermentatīva aktivitāte ir peroksīdāzēm, kas piedalās lignīna sintēzē. Matricā sastopami hidrolītiskie fermenti, kas nodrošina patogēno organismu šūnnapvalku sadalīšanu pēc to pievienošanās pie šūnas sienīņas. Tie kļūst aktīvi arī šūnām novecojot un sadaloties, bet aktīvāki regulē pH līmeni. Ja šūnās paaugstinās pH līmenis, tad tas aktivizē hidrolītiskos fermentus un sākas šūnas sienīņas sadalīšanās.

## Citas vielas

Dzīvās šūnās atrodas arī specifiskas vielas. Tās uzkrājas šūnas sienīņas ārējā vai iekšējā slānī. Pie tādām vielām pieder *lignīns*, kas uzkrājas ksilēmas un sklerenhīmas šūnās. Lignīnu veido fenoli. Dažādu augu šūnās tie var būt ļoti atšķirīgi. Monomērus saista esteru saites. Epidermas šūnās uzkrājas *kutinīns*. Kutīns sastāv galvenokārt no taukskābēm un ēteriem. Šajās šūnās var uzkrāties arī *vaski*. Šūnas sienīnā sastopams arī *suberīns*, *antociāni*, neorganisko vielu sāļi u.c. vielas.

## proteoglikāni

Dzīvās šūnas sienīņas daļās atrodas glikoproteīni, proteoglikāni un citi olbaltumvielu savienojumi, kas ir bagāti ar glicīnu vai proflīnu. No glikoproteīniem šūnu sienīnā visvairāk ir sastopams **ekstensīns**. Tas palīdz apvienot



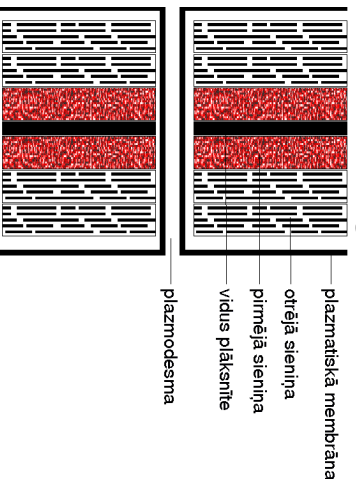
## Glikoproteīni un proteoglikāni

1. Olbaltumvielas, kas bagātas ar hidroksiproflīnu - ūdenī nešķīstošas
  - Pasargā no ievainojumiem un izkaisšanas
  - Nodrošina sienīņas izturību
  - Nodrošina lignīna nukleāciju
2. Olbaltumvielas ar arabinogalaktānu - ūdenī šķīstošas
  - Nodrošina šūnu diferenciāciju
  - Nodrošina šūnu signālu uztveršanu

## Šūnas sienīņas uzbūve

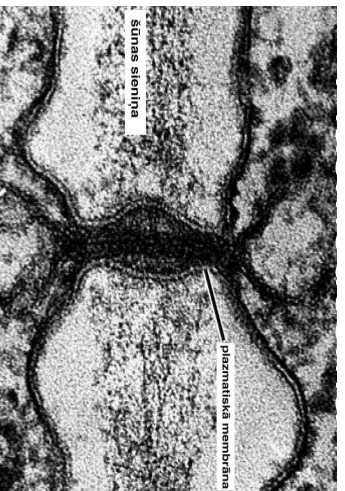
Šūnas sienīņai ir daudzslāņaina struktūra. Centrālo daļu veido *vidus plāksnīte*. Tur atrodas daudz olbaltumvielu savienojumi, pektīni un hemiceluloze. Abās pusēs vidus plāksnītei atrodas slāņi, kurus sauc par *pirmējo sienīņu*. Tās uzbūvē parādās celulozes mikrofibrillas. Kopējais biežums ir starp 0,5 un 1 μm. Diferencētās šūnās tās ir biezākas, jo ap pirmējo sienīņu veidojas jauni slāņi. Tos sauc par otrējo sienīņu. Viena slāņa biežums ir apmēram 0,4 μm. Slāņu skaits dzīvās šūnās ir atšķirīgs. Vairākās šūnu grupās aiz otrējās sienīņas seko *trešējā sienīņa*. Tāda ir novērojama vadaudus veidojošajās ksilēmas šūnās.

## Šūnas sienīgas shēma

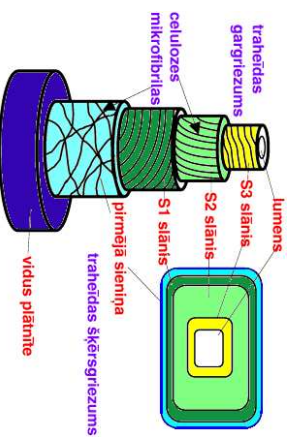


Šūnu sienīga parasti nav nepārtraukta, jo tā nodrošina ne tikai mehānisko izturību, bet arī vielu transportu starp šūnām. Daudzās vietās to šķērso kanāli, kurus sauc par *porām*. Poras izoderē plasmatiskā membrāna, veidojot kanālus, kas savieno kaimiņu šūnu citoplazmu. Tos sauc par *plazmodesmām*. Jaunās un augošās šūnās var novērot poru laukus. Vecās šūnās poras izzūd. Mainot augšanas apstākļus, poras šajās šūnās var atkal parādīties.

## Plazmodesmu uzbūve



## Šūnas sienīgas shēma

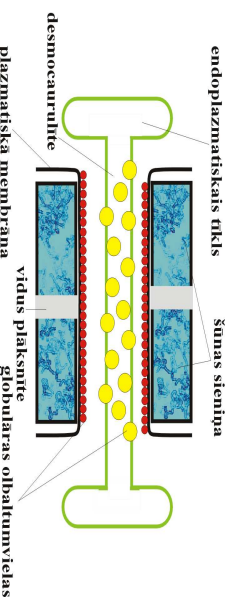


Plazmodesmas ir plaši aprakstītas jau šī gadsimta sešdesmitajos gados. Taču to uzbūve un funkcijas vēl pilnībā nav noskaidrotas. Ilgu laiku domāja, ka tās, līdzīgi kā dzīvnieku šūnu gadījumā, spēj nodrošināt mazmolekulāru vielu difūziju, vai arī to bojājumu gadījumā pa tām izplatās augu vīrusi.

Plazmodesmas parādās jau meristemātajās šūnās. Tādēļādi meristemātisko šūnu citoplazmas ir apvienotas. Šim apstāklim ir liela loma augu morfoģenēzē. Plazmodesmas var veidoties arī starp augošām šūnām. Tad tās sauc par sekundārajām plazmodesmām. Sekundāro plazmodesmu veidošanās mehānismi pagaidām ir neskaidri. Plazmodesmu diametrs dažādos audos var atšķirties. Lapu mezofila

## Plazmodesmu uzbūve un funkcijas

## Plazmodesmu uzbūve



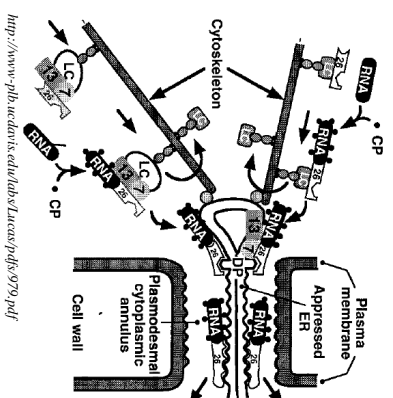
Plazmodesmas ātrējo robežu veido plasmatiskā membrāna. Tās iekšpusē ir globulāras olbaltumvielas. Iekšpusē atrodas centrālā sprauga, kura galos ir nedaudz sašaurināta. Spraugas platums var mainīties. Tās vidējā daļā atrodas desmocaurulīte. Desmocaurulītes gali ir savienoti ar kaimiņu šūnu endoplazmatiskā tīkla kanāliem. Desmocaurulīti klāj globulāras olbaltumvielas. Desmocaurulītes diametrs var būt mainīgs, t.i., tā var būt atvērtā un aizvērtā stāvoklī.



## Vielu transports caur plazmodesmām

Cauri plazmodesmām difundē mazmolekulāras vielas, kuru izmēri nepārsniedz 1000 D. Savukārt lielmolekulāru vielu (olbaltumvielu, RNS u.c.) un vīrusu pārvietošana ir iespējami vairāki transporta mehānismi. Aktīva mikrofilamenti un mikrocauruliņas nodrošina šo daļiņu transportu līdz plazmodesmai. Acimredzot, šīm daļiņām ir signālsekvences, kas nodrošina to piesaistīšanu pie plazmodesmas plazmatiskās membrānas globulārajām olbaltumvielām. Šīs iedarbības rezultātā sprauga kļūst plātāka, kas ļauj tajā iekļūt šīm lielmolekulārajām vielām. Mehānismi, kas nodrošina lielmolekulāru vielu un vīrusu transportu cauri plazmodesmām, nav noskaidroti.

## Vielu transports caur plazmodesmām



<http://www.plb.mcgill.ca/lucas/pubs/979.pdf>

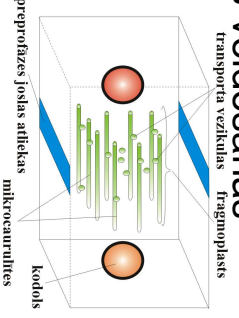
## Šūnu sieniņas veidošanās



<http://www.lfsc.lutexas.edu/faculty/delozanne/celldivision/Plant%20Cytohexists.mov>

## Šūnu sieniņas veidošanās

Šūnas sieniņas veidošanās vieta jau tiek iezīmēta pirms kodola mitotiskās dalīšanās. Tā paša šūnas cikla G2 fāzē tajā joslā, kur veidošies šūnas sieniņa, plazmatisko membrānu klāj saura mikrocauruliņu un aktīva mikrofilamentu josla. To sauc par preprofāzes joslu. Profāzes sākumā tā izzūd un veidojas dalīšanās vārpsta. Tomēr no šīs joslas atsevišķi aktīva mikrofilamenti paliek saistīti ar plazmatisko membrānu.



## Šūnu sieniņas veidošanās

- Preprofāzes josla nosaka arī dalīšanās vārpstas novietojumu. Telofāzes sākumā mikrocauruliņu kūlīši paliek perpendikulāri novietoti šūnas ekvatoriālajai plaknei un veido fragmoplastu. Fragmoplasts nodrošina Goldži kompleksa vezikulu transportu uz vietu, kur veidosies agrīnā šūnas sieniņa. Šajā zonā vezikulas apvienojas un veidojas vidus plāksnīte, bet ārpusē veidosies meitšūnu plazmatiskās membrānas. Visu šo kompleksu sauc par agrīno šūnas sieniņu. Tālākajā gaitā agrīnā šūnas sieniņa palielinās, līdz tās apvalka membrāna saplūst ar

## Šūnu sieniņas veidošanās

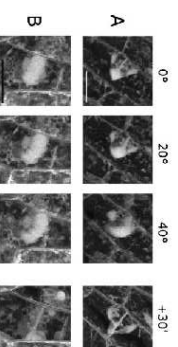
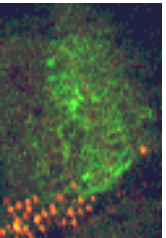


Fig. 2. Confocally imaged and analyzed cell plates in epidermal cells of the upper hypocotyl (A) and of the cotyledon pericycle (B). In each series, panels 1-3 show confocal sections of cortical actin projected at 0°, 20° and 40° from the optical axis, respectively. 30-min later, showing the completed new cell wall. The cell in A is expressing GFP marker. EB, a cytosolic protein that translocates into nuclei during prophase (21). These three-dimensional locations can be seen in Movies 2A and 4B, which are published as supporting information on [www.jcb.org](http://www.jcb.org) (doi: 10.1083/jcb.101120001).

[www.jcb.org/cgi/doi/10.1073/jcb.101120001](http://www.jcb.org/cgi/doi/10.1073/jcb.101120001)

## Šūnu sienīgas veidošanās

Oranža – kaloze. Tā veidošanās procesā sakoncentrējas sienīgas centrā, bet vēlāk pārvietojas. Zaiļš - fragmoplasts



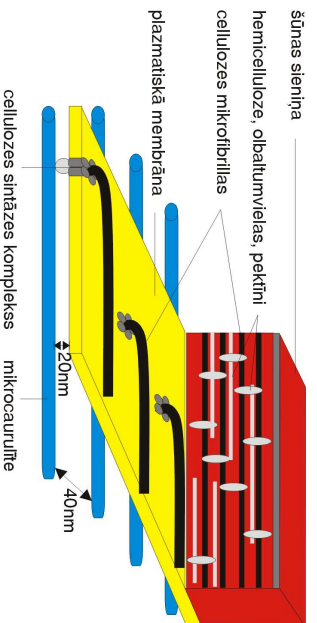
[http://www.genetika.com/Cupac/Camwewul/5229/c\\_rfb-gflm](http://www.genetika.com/Cupac/Camwewul/5229/c_rfb-gflm)

## Celulozes sintēze

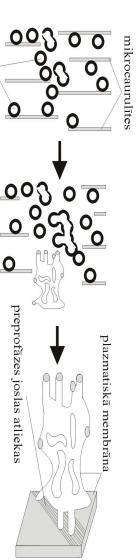
Šūnu sienīgas veidošanās ir saistīta ar šūnu augšanu un diferenciaciju. Tā kā celuloze ir visvairāk sastopamā šūnas sienīgas sastāvdaļa, tad ir izpētīti tās sintēzes etapi dažādos šūnu attīstības posmos.

Īpaši aktīva celulozes sintēze ir vērojama sekundārās sienīgas veidošanās laikā.

Celulozes sintēzi nodrošina divu fermentu saskaņota darbība. Tie ir *celulozes sintāze* un *UDF-glikozes transferāze*.



## Celulozes sintēze



Pie augsta spiediena sasalējot audus ar šķidro slāpekli, ir iespējams apskatīt ar katrīnu klātas vezikulas, kuras saplūstot veido cauruļveida-vezikulāru tīklu. Pamazām šī tīkla membrānas zaudē katrīnu un kļūst plānākas. Arī pats tīkls paliek izstieptāks un vairāk saplacināts, veidojot saplacināto cauruļveida tīklu. Tā iekšienē atrodas kaloze un citi polisaharīdi. Tas apliecinā, ka endoplazmatiskā tīkla cauruļtīrēm, kas šķērso šūnas ekvatoriālo plakni. Tajās vietās veidojās plazmodesmas. Saplacinātais cauruļveida tīkls pakāpeniski saplūst ar plazmatisko membrānu zonā, kur pirms tam bija nrenrofāzes iosa. veidojot nirkstveida izrauņumus.

## Celulozes sintēze

- Celulozes sintāze ir novietota plazmatiskajā membrānā. Tā var nodrošināt arī kalozes un citu β glikānu sintēzi. Ja tiek inhibēta plazmatiskajā membrānā novietotās sintāzes darbība, tas aktivē analogisku Goldzi kompleksa fermentu darbību. Tas veido kallozi un citus polisaharīdus. Sintēzes laikā UDF-glikozes transferāze no dažādām pusēm sintāzes kompleksam pievieno glikozes molekulas. Tas ļauj tās polimerizēt 180° leņķī, starp molekulām veidojot β glikozīli saiti. Katram sintāzes kompleksam ir seši kanāli (rozete), no kuriem var atdalīties polimerizētas celulozes pavedieni.

## Celulozes sintēze

Polimerizācijas gaitā sintāzes komplekss pārvietojas (peld) pa plazmatisko membrānu, atstājot aiz sevis mikrocauruļšu pavedienus.

Celulozes sintāzes kompleksa pārvietošanos nodrošina mikrocauruļtīrēs. Paralēli novietotas mikrocauruļtīrēs izdērē plazmatiskās membrānas iekšieni. Attālums starp mikrocauruļtīrēm ir apmēram 40 nm, bet to attālums līdz plazmatiskajai membrānai - 20 nm.

Nenoskaidrotas olbaltumvielas mikrocauruļtīrēs un motorās olbaltumvielas saista ar celulozes sintāzes kompleksiem. Iespējams, ka ir arī citas olbaltumvielas, kas var pievienot mikrocauruļtīrēs šūnu sienīgai.

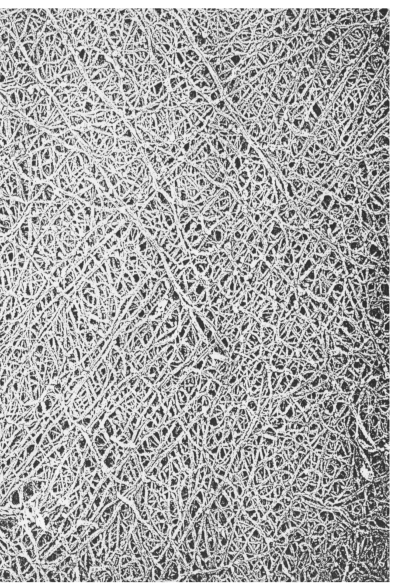
## Celulozes sintēze

Pēc polimerizācijas celulozes pavedieni apvienojas, veidojot mikrofibrillas. Mikrofibrillā var būt līdz 70 paralēliem celulozes pavedieniem.

Sintēzes gaitā mikrofibrillas tiek ievietotas šūnu sienīgas matricā un saistās ar citiem polisaharīdiem. Tie ļauj saglabāt paralēlu mikrofibrillu novietojumu šūnu sienīgā.

Protoeoglikānu darbības rezultātā var izmainīties celulozes mikrofibrillu saites ar citiem sienīgas elementiem. Tas noved pie sakārtojuma maiņas. Ja celulozes mikrofibrillas kļūst gandrīz perpendikulāras sienīgai, tad ir iespējama to atbīdīšanās un sekojošā sekundārās šūnu sienīgas auošana.

## Hemiceluloze un celuloze sunas sienīgā



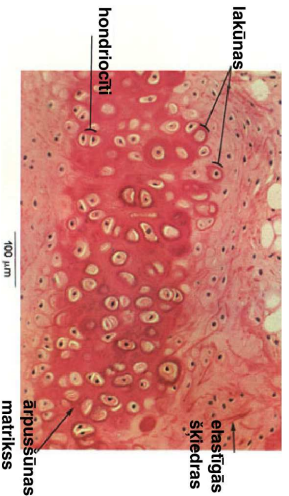
## Dzīvnieku ārpussēšanas matricss

- Dzīvnieku šūnu ārpussēšanas matricss
- Proteoglikāni
- Kolaģēns
- Kolaģēna molekulu veidošanās mehānismi
- Starpsūnu un šūnas-ārpussēšanas savienošanas zonas
- Difūzi un īsalcīgi kontakti
- Noenkurojošie kontakti
- Noslēdzošie kontakti
- Savienojošie kontakti
- Starpsūnu tīti

## Dzīvnieku šūnu ārpussēšanas matricss

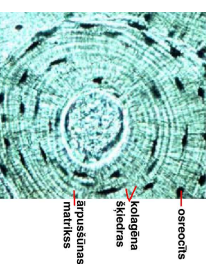
Lai gan dzīvnieku šūnarpvaki ir planāki, to ārpusti tomēr sedz dažādi strukturālelementi, kas palīdzina mehānisko izturību un novērš mikroorganismu iekļūšanu šūnās. Piemēram, kapilāru sienīgu endotēlija šūnas ārējo daļu veido tā saucama bazālā membrāna. Daudzi dzīvnieku šūnu tipi sekretē materiālu ārpust plazmatiskās membrānas. Šie sekretētie materiāli šūnas ārpust veido dažādas struktūras, kuras sauc par ārpussēšanas matricsu. Ārpussēšanas matricss var būt ļoti daudzveidīgs. Piemēram, gan elastīgs tīkls, kuru var atrast sastādos un muskuļos, gan caurspīdīgs acs tīklenē (radzenē). Tas var veidot arī mazkusīfgus elementus epitēlijā un citos audos.

## Āpussēšanas matricss cilvēka skrimslī



Attēlā var redzēt, ka elastīgais skrimslīs ir līdzīgs hialīna skrimslīm. Abos gadījumos plāšu telpu aizņem ārpussēšanas matricss. Tājā atrodas lakūnas ar hondrociitiem. Speciāska iekrāsošana parāda elastīgajā skrimslī elastīgas šķiedras.

## Āpussēšanas matricss kaulaudos



Attēlā var redzēt, ka Haversa kanālu ieskauj koncentrisku kaula plātniņu rindas. Plātnītes veido Kolaģēna šķiedras un matricss, kurā ir daudz sāļu. Tūnštie plankumi parāda lakūnas ar osteocītiem.

## Dzīvnieku šūnu ārpusšūnas matriks

- Neraugoties uz lielo daudzveidību ārpusšūnas matriksa struktūrā, biežumā un citās audu specifiskās īpatnībās, tas ir veidots no līdzīgiem struktūrelementiem.
- Visraksturīgākās ir *kolagēna* fibrillas. Tās nodrošina mehānisko izturību. Tās ir ieslēgtas tīklveida *matriksā*.

## Dzīvnieku šūnu ārpusšūnas matriks

- Matriksu veido lieli ogļhidrātu un olbaltumvielu kompleksi. Tie sastiprina fibrillas un var piesaisīt dažādu daudzumu ūdens molekulu.
- Kompleksā ar ūdeni veidojas gēli. Tajā var uzkrāties arī mazmolekulāras neorganiskas vielas, piemēram, kaulaudu ārpusšūnas matriksā uzkrājas *kalcija fosfāta kristāli*. Vēl ārpusšūnas matriksā var atrasties dažādi fermentatīvi kompleksi, kas nodrošina atsevišķu struktūrelementu izveidošanu vai pārveidošanu šūnas attīstības gaitā.

## Proteoglikāni

Proteoglikāni parasti tiek novietoti starp kolagēna šķiedrām. Tie nodrošina šķiedru sakārtojumu ārpusšūnas matriksā. Savukārt, ja tie piesaista ūdens molekulas, šķiedras var tikt atbīdītas.

## Proteoglikāni

Daudz ir pēģīta funkcija ir proteoglikānu loma augšanas regulācijā. Fibroblastu šūnās ir noskaidrots, ka tie var piesaisīt, piemēram, fibroblastu augšanas faktoru. Tā molekulas noteiktās zonās saistās ar heparīna sulfātu. Tas ļauj fibroblastu augšanas faktoram pievienoties pie receptora. Tas izsauc tālāku šūnu signālsistēmas darbību un gēnu ekspresijas maiņu.

## Proteoglikāni

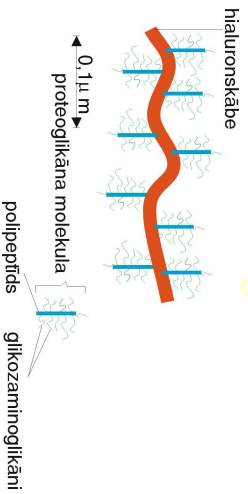
- To molekulas centrālo daļu veido gara, izstiepta olbaltumvielas daļa, kurai dažādās vietās ir pievienotas ogļhidrātu sānu ķēdes.
- Diktiosomās olbaltumvielām bieži pievieno vairāk nekā vienu ogļhidrātu sānu ķēdi. Dažos gadījumos ogļhidrāti veido līdz 95% no molekulmasas.
- Olbaltumvielas molekulmasa ir sākot no 10 000 līdz 220 000 daltoniem.

## Proteoglikāni

- Ogļhidrātu ķēdes parasti ir pievienotas pie olbaltumvielas serīna atlikumiem. Retāk tās ir saistītas ar treonīnu vai asparagīnu. Proteoglikāniem visraksturīgākās ir *glikozamīnoglikānu* ķēdes. Tās veido daudzkārt atkārtoti divu cukuru molekulu kompleksi. Viena no divām cukuru molekulām ir *glikozamīns* vai *galaktozamīns*. Proteoglikānu kopējā molekulmasa svārstās no 250 000 kaulaudos līdz 3 miljoniem daltonu skrimsļaudos.



## Proteoglikāni



Glikāns apzīmē cukuru polimēru. Glikozaminoglikānu proteoglikāna molekulā veido līdz 800 cukuru atlikumi. Ļoti bieži glikozamīna vai galaktozamīna molekulām ir pievienotas sulfātu grupas.

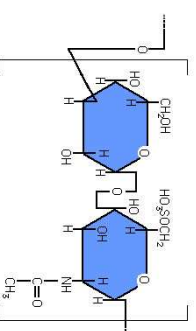
## Proteoglikāni

- Proteoglikāni parasti pievienojas garajām *hialuronskābes* molekulām. Tās arī pieder pie glikozaminoglikāniem. Tikai to cukuru molekulām nav pievienotas sulfātu grupas. Hialuronskābes molekulas garums var sasniegt vairākus simtus nanometru. Tas ļauj tai pievienot simtiem proteoglikānu molekulu. Hialuronskābes molekulai nekovalenti pievienojas proteoglikānu molekulu N-terminālā daļa. Šāda kompleksa molekulmasa var sasniegt simtiem miljonu daltonu.

## Kolagēns

Kolagēna fibrillas veido nešķīstoši glikoproteīni. Kolagēna molekulas olbaltumvielas daļu veido trīs savstarpēji savērtas  $\alpha$  ķēdes. Raksturīga šo olbaltumvielu īpašība ir tā, ka tās satur daudz *glicīnu* un nedaudz mazāk *hidroksilizīnu* un *hidroksiprolīnu*. Ogļhidrātu daļu veido pamatā glikoze un galaktoze. Ogļhidrāti sastāda apmēram 10% no molekulmasas.

## Glikozaminoglikāni

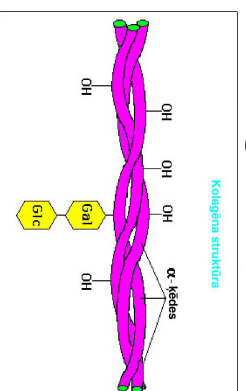


Glikozaminoglikāna molekulas fragments.

## Dzīvnieku proteoglikānu veidi un to novietojums organismā

Proteoglikānu veids	Molekulmasa daltonos	Novietojums organismā
Hondroitīna sulfāts plāksnīte	45000 - 500000	kaulaudi, āda, bazālā
Keratīna sulfāts	45000	kaulaudi, radzene
Heparīna sulfāts saistaudi,	40000 - 50000	skrimšļaudi, fibrilārie radzene
Hialuronskābes un proteoglikānu komplekss aorta, muskuļi, nervaudi,	100000-simtiem milj.	skrimšļaudi, cīpslas, gliudie kaulaudi

## Kolagēna šķiedras



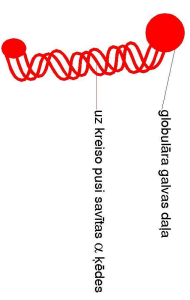
- Kolagēns sastāda 30% no cilvēka olbaltumvielu daudzuma. Šim molekulam ir liela mehāniskā izturība.
- Tā sastāvā ir daudz hidroksiprolīna. Kolagēna molekulas apvienojas un veido kolagēna šķiedras, kas savukārt apvienojas kūlšos. Šķiedras var redzēt elektronmikroskopiski, bet kūlšus jau ar gaismas mikroskopu.

## Kolagēns

Kolagēna fibrillas veido nešķīstoši glikoproteīni. Kolagēna molekulas olbaltumvielas daļu veido trīs savstarpēji savērtas  $\alpha$  ķēdes. Raksturīga šo olbaltumvielu īpašība ir tā, ka tās satur daudz glicīnu un nedaudz mazāk *hidroksilizīnu* un *hidroksiprolīnu*. Ogļhidrātu daļu veido pamatā glikoze un galaktoze. Ogļhidrāti sastāda apmēram 10% no molekulmasas.

## Kolagēns

Kolagēnu veido trīs uz kreiso pusi savērtas  $\alpha$  ķēdes, kas, savijoties kopā, veido pavedienu. Molekulas gali savukārt veido globulāru struktūru, kas palīdzina molekulas stabilitāti. Kolagēna molekulu pavedienā saista ūdeņraža saites. Tās veidojas starp  $\alpha$  ķēžu aminoskābēm kā arī starp  $\alpha$  ķēdēm un globulārajiem molekulmasas daļiem.



## Kolagēns

Analizējot aminoskābju sastāvu, zīdītājos ir konstatēti **25  $\alpha$  ķēžu veidi**. Tie, satstoties kopā pa trīs dažādās kombinācijās, veido **15 kolagēna** molekulu veidus. Tos apzīmē ar romiešu cipariem no **I - XV**. Visbiežāk sastopamas ir pirmo četru veidu molekulas. Salīdzinājumā ar citiem tipiem, to  **$\alpha$  ķēdes veido viendabīgu nepārtrauktu vijumu**, kura garums ir apmēram 1000 aminoskābes. Tas padara molekulas mehāniski izturīgākas, bet mazāk kustīgas. Pārējie molekulu tipi ir sastopami dažādos audos nelielā daudzumā.

## Kolagēns

- Kolagēna I molekulas veido kaulus, ādu un skrimšļus. Tas sastāda apmēram 90% no cilvēka organismā sastopamā kolagēna daudzuma. Kaulaudos ir sastopams praktiski tikai kolagēns **I**. Ādā un skrimšļos pamatā ir kolagēna I molekulas, kas ir savienotas ar nelielu daudzumu kolagēna **III** molekulām.

## Kolagēns

- Kolagēns **II** veido cīpslu fibrillas. Kolagēna fibrillas var dažādi apvienoties. Kaulos tās ir savienotas, veidojot mazkustīgas plāksnītes. Skrimšļos tās ir apvienotas paralēlos kūlīšos, cīpslās kolagēns veido blīvu tīkliu.

## Kolagēns

- Epitēlija šūnās kolagēna fibrillas atgādina kristālisku režģi. Tur katrs nākamais slānis pārklāj iepriekšējo 90° leņķī. Fibrillas, kas satur I, II un III tipa molekulas, ir sakārtotas tīklveida struktūrā. Tur katra nākamā molekula pārklāj daļu no iepriekšējās.

## Kolagēns bazālajā plāksnītē

Bazālajā plāksnītē, kas pārklāj lielāko daļu no iekšējiem orgāniem, ir ļoti plāns tīkrojums. Bazālā membrāna ir

50 - 100 nm biezs plazmatiskās membrānas un ekstracelulārā matricsa kompleksss.



Kapilārs asinsvads.  
C - lūmens; sarkana  
buliņa - bazālā plāksnīte.  
Mērogs 500 nm

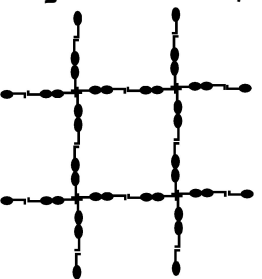
<http://www.flickr.com/photos/15146175@N00/10111111111/>

## Bazālā plāksnīte

Bazālo plāksnīti veido proteoglikāni, fibronektīni, laminīns un kolagēns. Galvenā sastāvdaļa, kas šajā gadījumā veido ekstracelulāro matricsu, ir kolagēns **IV**. Tā pamatsastāvdaļa ir 1055 aminoskābes gara, savīta, pavedienveidīga olbaltumviela. Trīs šādas ķēdes apvienojās, veidojot tropokolagēna molekulu. Tās diametrs ir 1,5 nm, bet garums 300 nm.

## Bazālā plāksnīte

Tropokolagēna molekulas var parāli laterāli apvienoties, veidojot pakāpienus. Tas ir izkārtotas vienā slānī. Viena molekula pievienojas iepriekšējās molekulas galā, veidojot izturīgu tīklu. Tā apvienojas gan divu kolagēna molekulu galvas daļas, gan četru molekulu astes daļas.



## Kolagēna molekulu veidošanās mehānismi

GK notiek pro- $\alpha$  ķēžu apvienošanās un pakāpeniska savīšanās.

GK sekretorajās vezikulās pro- $\alpha$  ķēdes turpina savīties.

Vezikulas saplūst ar plazmatisko membrānu un proteāzes atdala no protokolagēna molekulām garos propeptīdus.

Tas ļauj molekulas ķēdēm savīties ciešāk un izveidot kolagēna molekulu.

## Kolagēna molekulu veidošanās mehānismi

Kolagēna molekulām olbaltumvielas daļu sintezē endoplazmatiskā tīkla ribosomās kā atsevišķas pro- $\alpha$  ķēdes.

ET tīkla lumenā tām atdala N-terminālās signālsekvences.

ET hidroksilē proīna un lizīna atlikumus, veidojot *hidroksiprolīnu* un *hidroksilizīnu*.

ET un Goldži kompleksā glikozilē pro- $\alpha$  ķēdes.

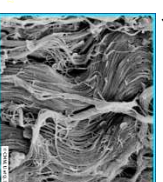
## Kolagēna šķiedru veidošanās mehānismi

Kolagēna molekulu apvienošanās notiek ārpussūnas matricā.

Pirmkārt, izveidojas **kolagēna fibrillas**, kuru diametrs, atkarībā no audu tipa, svārstās no 0,01 - 0,3  $\mu$ m.

Kolagēna šķiedras

[www.wikipedia.org/wiki/File:Collagen\\_fibrils.jpg](http://www.wikipedia.org/wiki/File:Collagen_fibrils.jpg)



## Kolagēna šķiedru veidošanās mehānismi

Otrkārt, kolagēna fibrillas apvienojas, veidojot **kolagēna šķiedras**.

Kolagēnu fibrillas šķiedrās savieno minorie kolagēna molekulu tipi.

Fibrillu skaits šķiedrā un šķiedru diametrs ir ļoti mainīgs un svārstās no 0,5 - 3 μm.

## Starpsūnu un šūnas- ārpussūnas savienošanās zonu funkcijas

- audu un organisma integritāte;
- šūnu savstarpējā pazīšana;
- barjeras/kanāli;
- signalizēšana.

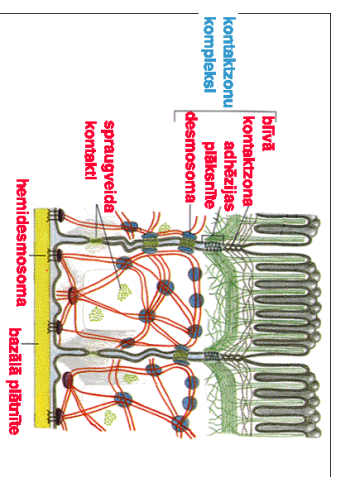
## Starpsūnu un šūnas- ārpussūnas matricsa adhēzijas veidi

- Starpsūnu kontakti.
- Šūnas un ārpusšūnas matricsa kontakti.

## Starpsūnu un šūnas- ārpussūnas savienošanās zonas

- Savstarpēji savieno šūnas vai šūnas ar ārpusšūnas matricsu;
- atkarībā no šūnu tipa veido: ciešus vai vājus savienojumus, īslaicīgus vai pastāvīgus savienojumus;
- plazmatiskās membrānas olbaltumvielas pievieno citu šūnu plazmatiskās membrānas ārējās virsmas olbaltumvielas vai ārpusšūnas matricsa olbaltumvielas;
- šīs plazmatiskās membrānas olbaltumvielas var būt pievienotas pie citoskeleta;
- dažkārt veido lielas kompleksas struktūras

## Starpsūnu un šūnas- ārpussūnas savienošanās zonas epitēlija šūnās



## Starpsūnu kontakti:

- bīvēvains kontakts (kadhērīns);
- adhēzijas plāksnīte (Ig līdzīgie CAM);
- desmosoma (integrīni);
- spraugveida kontakts (selektīni).
- īslaicīgi kontakti



## Šūnas un ārpusšūnas matrīksa kontakti

- hemidesmosoma;
- fokālais (adhēzijas) kontakts.
- Išlaicīgi kontakti

## Diffūzi novietotu molekulu mijiedarbība starp šūnām un ārpusšūnas matrīksu

Diffūzo kontaktu gadījumā šūnu plazmatiskās membrānas tikai atsevišķās vietās ir savienotas vai pievienotas pie ārpusšūnas matrīksa. Tas parasti nav ilglaicīgi. Diffūzo kontakti visbiežāk ir novērojami organisma embrionālās attīstības gaitā vai arī piedalās organisma imūnreakcijas veidošanā. Mikroskopā var novērot, ka attālums starp šūnām ir tikai 10 - 20 nm, un šūnas ir sakārtotas paralēli. Analizējot molekulāro uzbūvi, var konstatēt, ka šo šūnu plazmatiskās membrānas satur transmembrānas olbaltumvielas, kas noteiktās zonās mijiedarbojas. Visraksturīgākās šājos kontaktos ir integrīnu, kadherīnu, selektīnu un Ig līdzīgo CAM imūnoglobulīnu molekulas.

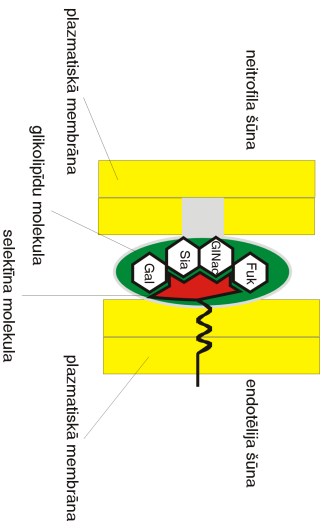
## Selektīnu loma starpšūnu mijiedarbībā

Selektīnu lomu novēro gadījumos, kad bezkrāsainās asins šūnas (neitrofīli) saistās ar endotēlija šūnām. Neitrofīliem plazmatiskajā membrānā atrodas specifiskas oligosaharīdu ķēdes, kas ir pievienotas pie lipīdu vai olbaltumvielu molekulām. Savukārt endotēlija šūnu plazmatiskajā membrānā atrodas selektīni, kuru ārpusšūnas domēni spēj pievienoties pie šiem oligosaharīdiem.

## Selektīni

Selektīnus veido neliela transmembrānu olbaltumvielu grupa, kas sastāv no vienas izstieptas polipeptīdu ķēdes. To molekulas aminoterminālā daļa var specifiski saistīties ar noteiktu oligosaharīdu molekulu, kuru veido tikai četri cukuru atlikumi. Selektīna molekulas karboksilterminālā daļa atrodas šūnas iekšienē un saistās ar citoskeletu. Selektīns pievienojas pie glikoproteīna vai glikolipīda molekulas oligosaharīdiem. Šīs molekulas savieno šūnas, neļaujot neitrofīliem pārvietoties tālāk pa kapilāriem. Šādas šūnu kontaktattiecības saglabājas līdz šūnas atdalās vai arī kontaktzonā nokļūst integrīnu molekulas, kas kontaktzonu padara ciešāku, ļaujot neitrofīlus transportēt uz

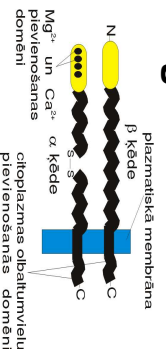
## Selektīni



Integrīni ir integrālas olbaltumvielas, kurām ir iekššūnas un ārpusšūnas domēni. Iekššūnas domēni savienojas ar citoskeleta elementiem, savukārt ārpusšūnas domēni pievienojas pie kolagēna, izmantojot fibronektīna vai laminīna starpniecību. Saistaudos un epitēlija šūnās savienojumus nodrošina fibronektīnu molekulas. Savukārt pie bazālās plāksnītes šūnas pievieno laminīns.

## Integrīni

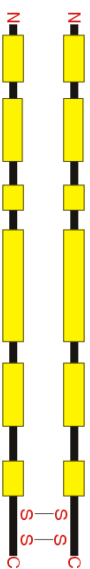
## Integrīni



Integrīna molekulas ir heterodimēri, kurus veido  $\alpha$  un  $\beta$  ķēdes. Ir konstatēti vairāk kā divdesmit dažādi integrīnu molekulu veidi. Vienā un tajā pašā organismā atšķirīgi integrīni parādās dažādos attīstības posmos un dažādos audos.

Molekulai ir raksturīga globulāra galvas daļa, kas ir novietota apmēram 20 nm no plazmatiskās membrānas lipīdu slāņa.  $\alpha$  ķēdi veido 140 kD liela polipeptīdu ķēde, bet  $\beta$  ķēdi veido 100 kD liela ķēde.  $\alpha$  ķēde pirms leļdvēšanas membrānā ir proteolītiski sadalīta. Iekšējās un ārpusējās domēnus savieno disulfīdu saite. Globulārā galvas daļa var pievienot  $Ca^{2+}$  jonus, kas veicinas integrīna

## Fibronektīns



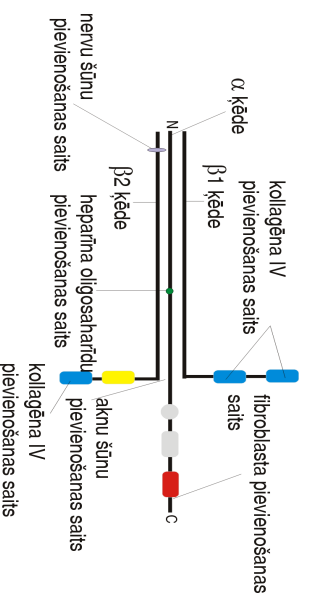
Tā ir līdzīgu, 500 000 daltonus lielu glikoproteīnu grupa. Ogļhidrāti sastāda apmēram 5% no fibronektīna molekulas. Molekulu veido divas polipeptīdu ķēdes, kuras savieno disulfīdu saites. Cilindra veida domēni nodrošina molekulas piesaistīšanu pie kolagēna I, III, IV vai glikozaminoglikānu molekulām. Fibronektīna molekulai ir arī zona, kas nodrošina pievienošanu pie hialuronskābes molekulām.

## Laminīns

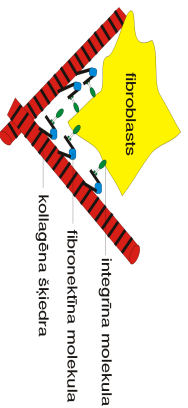
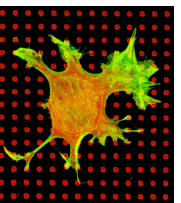
Laminīna molekulumasa ir 900 000 daltonu, un tā sastāv no trim polipeptīdu ķēdēm. Elektronu mikroskopiskā analīze rāda, ka molekulas ir ļoti izstieptas un to garums sasniedz 100 nm. Ogļhidrāti sastāda 13% no molekulas. Polipeptīdu ķēdes apvienojoties veido krusa veida molekulu.

Laminīnam izdala  $\alpha$ ,  $\beta_1$  un  $\beta_2$  ķēdes. Polipeptīdu ķēdes saista vairākas disulfīdu saites. Laminīna molekulām ir divas zonas, kas ļauj tām pievienoties pie kolagēna IV molekulām. Atkarībā no pievienojamo šūnu tipa, laminīnam ir specifiskas zonas, kas ļauj pievienoties pie nervu vai aknu šūnām. Tāpat tas var pievienoties arī pie heparīna un citiem proteoglikāniem un glikozaminoglikāniem.

## Laminīns



## Fibronektīns un laminīns

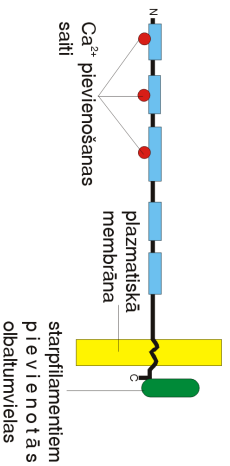


Fibronektīns un laminīns ar vienu molekulas daļu pievienojas šūnas plazmatiskās membrānas integrīna molekulai, ar otru - ārpusējās matricas molekulai. Tādējādi tie ļauj šūnas noekurot pie ārpusējās matricas. Konstatēts, ka fibronektīns un laminīns piedalās ne tikai šūnu piesitprināšanā ārpusējās matricam, bet arī stipri ietekmē šūnu diferenciāciju, reģenerāciju un migrāciju embrioģenēzes sākuma etapos. Tas norāda, ka tie piedalās arī šūnas signālsistēmā.

## Kadherīns

Kadherīns ir plaši sastopama dzīvnieku šūnu olbaltumviela. Visvairāk tas atrodas epitēlijā, nervu un muskuļu šūnās. Organisma attīstības laikā tas parādās arī citos šūnu tipos. Kadherīna molekulas nodrošina adhēzijas procesu, kas ir atkarīgs no  $Ca^{2+}$  jonu klātbūtnes. Dažādos audos var atrasties nedaudz atšķirīgi kadherīna molekulu tipi. Izdala N, P, E un desmosomu kadherīnus. Tās ir apmēram 750 aminoskābes garas molekulas. Molekulas aminotermiālajā daļē ir vairāki domēni, kas var pievienot  $Ca^{2+}$  jonus. Šie domēni nodrošina arī kadherīna molekulu savienošanos. Molekulas karboksilterminālā daļa saistās ar citoskeletu. Desmosomu gadījumā tā saistās ar citām olbaltumvielām, kas nodrošina piesitprināšanos pie kreatīna filamentiem. Savukārt E, P un N kadherīnu gadījumā katenīns un citas olbaltumvielas to savienos ar aktīna mikrofilamentiem.

## Kadherīns



## Funkcionāls kontaktzonu iedalījums

- noenkurojošie kontakti;
- noslēdzošie kontakti;
- savienojošie kontakti.

## Noenkurojošie kontakti

Noenkurojošā funkcija dažādos šūnu tipos tiek panākta ar dažādu mehānismu palīdzību:

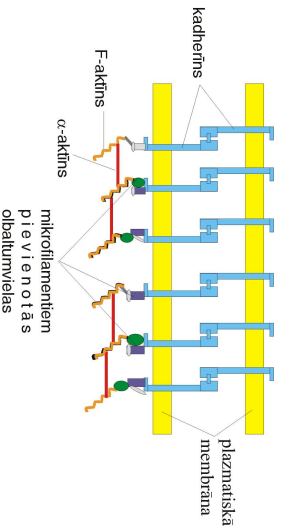
- **šūnas-šūnas adhēzijas joslas;**
- **desmosomas;**
- **šūnas-ekstracelulārā matricsa adhēzijas plāī** ;
- **hemidesmosomas;**
- **septas kontakti** (

## Noenkurojošie kontakti

Visos gadījumos, nelielā joslā kontaktu nodrošina intracelulārās mijiedarbības olbaltumvielas. Tās veido kompakta struktūras un piesaista starpfilamentus vai aktīna mikrofilamentus. Aktīna mikrofilamenti piesaistās adhēzijas joslu un septu gadījumā, bet starpfilamenti piesaistās pie desmosomām un hemidesmosomām. Pētījumi rāda, ka eksistē milzīgs daudzums olbaltumvielu, kas piedalās adhēzijas kontaktzonu veidošanā. Daudzas no olbaltumvielām var piedalīties gan starpšūnu, gan šūnas - matricsa kontaktzonu organizēšanā. Kontaktoš iesaistītajām olbaltumvielām ir daudzas zonas, kas var saistīties ar ligandēm. Tāpēc tās var apvienoties dažādās kombinācijās. No šādām olbaltumvielām visbiežāk sastopamas ir integrīni un kadherīni. Vēl kontakta zonās piedalās īsi  $\alpha$  aktīna pavedieni un garāki F aktīna polimēri.

## Adhēzijas joslas

Adhēzijas josla, kas saista blakus stāvošās šūnas, ir neliels iecirknis, kur ir savienotas plazmatiskās membrānas.



## Adhēzijas joslas

Sākotnēji aktīva mikrofilamentu augšana nelielā zonā saspiež blakus stāvošo šūnu plazmatiskās membrānas. Vēlāk kadherīnu grupas olbaltumvielas mijiedarbojoties sastiprina šo zonu. Gadījumos, kad samazina audos  $Ca^{2+}$  un  $Mg^{2+}$  jonu koncentrāciju, tiek izjaukta kadherīnu molekulu mijiedarbība, un šūnas var atdalīties viena no otras.





## Desmosomas

Galvenā sastāvdaļa desmosomas plāksnītei ir glikoproteīni. No tiem visvairāk ir atrasts desmoplakīns I un II. Desmosomas plāksnīti pie plazmatiskās membrānas pievieno citas glikoproteīnu grupas olbaltumvielas - desmogleīni. Tie pieder pie kadherīnu grupas olbaltumvielām.

Starpšūnu telpu zonā, starp abām desmosomām, aizpilda vēl tievākas un īsākas pavedienveida struktūras un granulārs matriksks. To sastāvā vērojama lielāka molekulārā daudzveidība.

## Desmosomas

Galveno masu sastāda kadherīnu grupas olbaltumvielas, kurām ir dots kopīgs nosaukums - desmokolīns. Uzskata, ka tā uzdevums ir pievienot desmosomu plazmatiskajai membrānai no ārpuses. Kadherīna molekulu N-terminālās daļas ir savienotas, bet C-terminālās atrodas desmosomas plāksnītes citoplazmas pusē, kur tās ir savienotas ar pārējām desmosomas olbaltumvielām. Tādējādi desmosomas kadherīni savieno blakus novietotās šūnas.

Desmosomu kontaktus šūnā regulē  $Ca^{2+}$  koncentrācija. Ja starpšūnu telpā tā samazinās, tad desmosomas atdalās no plazmatiskās membrānas, un kļūst iespējama šūnu atdalīšanās.

## Hemidesmosomas

Elipītiskas struktūras, kas nodrošina plazmatiskās membrānas pievienošanu ārpussēšanas matriksam, sauc par hemidesmosomām. Tās ir sastopamas dažādu orgānu epitēlijā šūnās. Hemidesmosomas pēc izskata atgādina desmosomas. Tās ir novietotas tikai vienā plazmatiskās membrānas pusē. Dzīvniekiem hemidesmosomas piestiprina epitēlija šūnas plazmatisko membrānu pie bazālās plāksnītes. Tāču audu kultūrās var vērot, ka tās parādās ārējās šūnās un piestiprina šūnas pie trauka sienīņām vai kāda cita substrāta. Hemidesmosomas ne tikai nodrošina šūnu piestiprināšanos, bet arī piedalās starpšūnu signālu pārraidīšanā. To nodrošina hemidesmosomām raksturīgie integrīni. Tādējādi tās piedalās arī šūnas citoskeleta formas un līdz ar to arī augšanas un diferenciācijas regulācijā

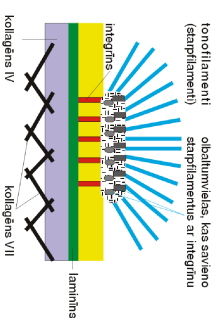
## Hemidesmosomas

Bazālās plāksnītes pusē atrodas integrīni, kolagēns XVII un desmoplakīnam homoloģiskas olbaltumvielas. Šīs olbaltumvielas savienojas ar bazālās plāksnītes kolagēna IV molekulām. Savienošanu nodrošina lamīnīna molekulas. Kolagēnu IV saturošā daļa var pievienot arī citus kolagēna molekulu tipus, kas to noenkuro pro pie citām struktūrām.

## Hemidesmosomas

Hemidesmosomu diametrs ir 0,1-0,5 μm. Citoplazmai tuvākā puse saistās ar olbaltumvielām, kas to piestiprina starplamentiem. Otra daļa savienojas ar olbaltumvielām, kas hemidesmosomu pievieno pie bazālās plāksnītes.

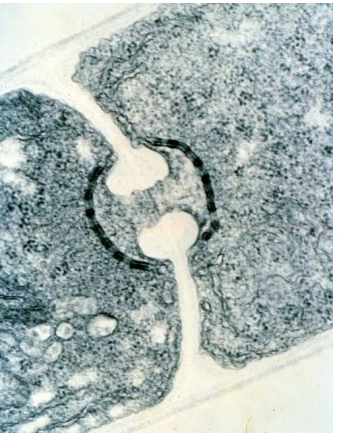
Hemidesmosomas citoplazmas pusē atrodas plāksna un desmoplakīnam homoloģisks molekulās, kurās nodrošina piestiprināšanos pie keratīna starplamentiem. Savukārt šo molekulās antitermīnālā daļa saistās ar desmosomas olbaltumvielām, kas nodrošina pievienošanos pie bazālās plāksnītes.



## Septas

Septas kontakti ir novērojami bezmugurkaulnieku šūnās. To nosaukums cēlies no *septum* - siena. Septas saista epitēlija šūnas. Šūnas viena no otras tiek turētas regulārā attālumā. Atkarībā no šūnu tipa, tas varē no 20 - 40 nm. Septas veido regulāri novietotas transmembrānu olbaltumvielas. To intracelulārā puse ir saistīta ar aktīna mikrofilamentiem. Molekulārā uzbuve un funkcijas septām pagaidām ir maz pētītas. Uzskata, ka tās galvenokārt nodrošina blakus šūnu savienošanu. Gadījumos, kad starpšūnu telpā palielinās  $Ca^{2+}$  koncentrācija, šūnas atdalās. Tomēr dažos darbos parādīts, ka septas ir saistītas arī ar mazmolekulāru vielu transportu.

## Septas



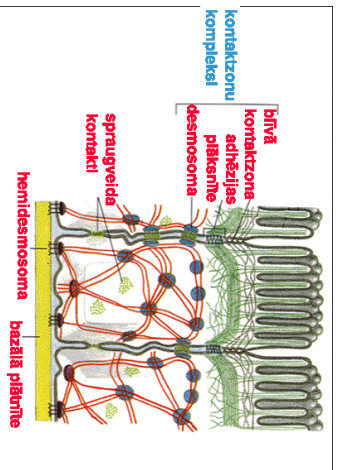
Septas basidiomicetes micēlijā. C.W. Mlms

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1101022/>

## Noslēdzšie kontakti

Noslēdzšos kontaktus nodrošina blīvā kontakta zonas. Blīvā kontakta gadījumā nelielā zonā blakus stāvošo šūnu plazmatiskās membrānas ir cieši saspiešanas. Šāda kontakta zona neļauj brīvi difundēt vielām, kas atrodas ārpusēnās telpā un ierobežo brīvu plazmatiskās membrānas olbaltumvielu difūziju. Atkarībā no epitélija šūnu veida, atšķiras jonu un nelielu molekulu difūzija caur blīvo kontaktu.

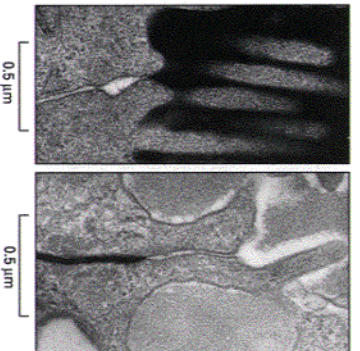
## Blīvais kontakts



## Blīvais kontakts

- Blīvo kontaktu veido plazmatiskās membrānas ārpusē pievienotas perifērās olbaltumvielas un transmembrānu olbaltumvielas, kas stiepjas cauri abām plazmatiskajām membrānām un ļoti šaurajai ekstracelulārajai telpai. Elektronmikroskopiskie pētījumi ir parādījuši, ka blīvo kontaktu zonās plazmatiskās membrānas iekšpusē ir pievienoti pavedienu kompleksi.

## Blīvais kontakts



## Savienojošie kontakti

Daudzšūnu organismos šūnu proliferācija, migrācija, diferenciācija un morfoģenēze ir saistīta ar daudzveidīgiem starpšūnu signāliem. Tie var būt, sākot no difundēt spējīgām liganēm, līdz tiešiem strukturāliem šūnu virsmas kontaktiem. Dzīvnieku šūnās savienošo funkciju nodrošina sinapses, starpšūnu tilti un spraugveida kontakta zonas, bet augu šūnās - plazmodesmas.

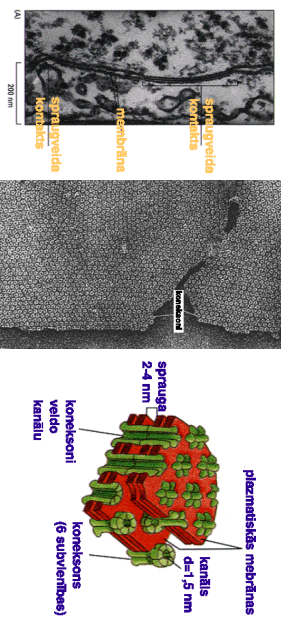
## Sprauguveida kontakti un sinapses

Sprauguveida kontaktu gadījumā šūnas savieno tievas caurulfes, kuru ārējais diametrs ir 8 nm un garums 15 nm. Caurulfes iekšējais diametrs ir 1,5 - 2,0 nm. Kanālu veido abās plazmatiskajās membrānās tebūvēti olbaltumvielu kompleksi. Šāda veida kontakts nodrošina brīvu difūziju neļieļām molekulām (mazākas par 2000 D) un joniem. Sinapšu gadījumā kanāli var būt vēl mazāki, jo tie nodrošina neironmediatoru importu, kas var būt arī joni.

## sēņu šūnās

Visciešākā kontaktu forma ir iespējama gadījumos, kad šūnām ir kopīga citoplazmas. Ļoti raksturīgs piemērs ir izstieptās daudzdzolu skeleta muskuļu šūnas. Taču ļoti daudzos gadījumos ir mehānismi, kas nodrošina citoplazmas kontaktu saglabāšanos arī pēc šūnu pārdalīšanās. Tie mēdz būt stabili fiksētās šūnas zonās un saglabājas ilgu laiku.

## Sprauguveida kontakti

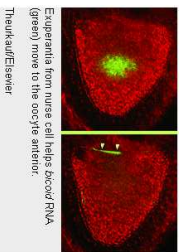
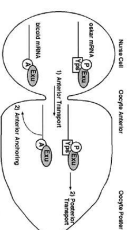


*Sprauguveida kontakts, veidots starp divām šūnām (no: Pinner, Power/2004, Pinner, Power/2004, 273 lapa)*

Starpsēņu šūnu distālais organelu grupas. Fig. D.N. Robinson and L. Cooper (1996) *Shahle* intersēņu šūnās in development: the cytoskeleton binding the tunnel. Trends in Cell Biology, 6, p. 474 - 479.

strukturāla organizācija	organizācija	komponenti	izstraušanās raksturojums
Sēņu šūnu poras	sēņu šūnas (eozinofīlas, basidiomycetes)	hīlais, R gēļains	Kaņģu šūnu distāncijai, nodrošina organelu un kodola transportu, diametrs 0,05-0,05 μm
Tā zaruveidīgs "šūnu dalības" veids	Cenozoīdālais eļģu veids	aktīvs	Šaļi, amozālais dalības veids, diametrs 0,1 - 0,5 μm
Tiltu šūnu blakusēnā un endozijs augšanas laikā	diatomeļas	aktīvs, epīnais	nodrošina augšanu šūnu šūnā, diametrs 0,25-0,2 μm
Tiltu izstrauģātā daļa	diatomeļas	izstrauģu - epīnais	šūnu šūnu blakusēnā, diametrs 0,25-0,2 μm
Tiltu starp spermatoocītiem un spermātiem	zāģu šūnas	aktīvs	kompleks attiecīgā un sēkliniņu kopīga izstrauģošana, diametrs 1 - 1,2 μm
Orbitāli	diatomeļas	basidiomycetes, hīlais, aktīvs, HTS, KALCH, DNR/CH	stiprināt transportu starp šūnām, diametrs 0,5-10 μm atkarībā no attiecības analīze

## Paškontroles jautājumi



*Euphrasia from nurse cell helps blood RNA*

1. jautājums. Izskaidrojiet shēma redzamo procesu. (3 punkti)

2. jautājums. Atzīmējiet fotogrāfijā redzamās sastāvdaļas. (3 punkti)

