

Šūnu signālsistēma

14. tēma

IZMANTOTO ANIMĀCIJU ADRESE IR:
<http://intranet.kslu.edu/~mbmb/MBMB%20931%20SCHM1%2001.htm>

Ievads

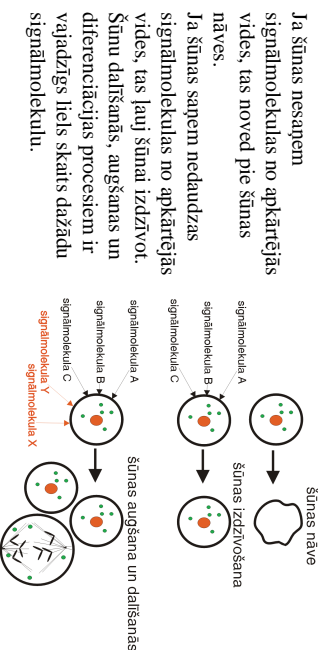
- Šūnu virsma satur dažādu veidu receptorus.
- To funkcija ir piesaistīt ligandus un izsaukt tālāku reakciju.
- Viens no vienkāršākajiem ir endocitozes process.
- Asinīs atrodas holesterīna pilieni, kuri ir pārklāti ar LDL (**low-density lipoprotein**), t.i. apolipoproteīnu B100. Tas var piesaistīties pie LDL receptora.

• [Priede/Grozes/1kurss/šūnu/signālsistēmas/LDL_receptors](#)

Nepieciešamība pēc starpšūnu kontaktiem parādās jau viensūnās organismu līmenī. Signālsistēma ir balstīta uz spēju reaģēt uz dažādām vielām, kas atrodas apkārtējā vidē. Katrai šūnai ir jāsaņem sava metaboliskā sistēma un nepieciešamās organelas konkrētajiem vides apstākļiem.

Visvienkāršākā tā ir prokariotu šūnām. Daudzšūnu eikariotu organismiem signālsistēma ir daudz komplicētāka, jo tām ir nepieciešamība nodrošināt šūnu savstarpēju pazīšanu un darbības koordināciju. Signāli vienmēr izsauc daudzpakāpju darbību.

Signālmolekulas apmainās arī starp šūnām, kas atrodas šūnu organelām – kodolu, mitohondrijiem.



Prokariotu šūnu signālsistēma

Baktērijās barības viela jeb inde saistās ar membrānās receptoru.

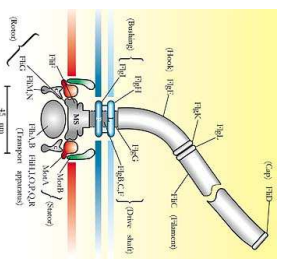
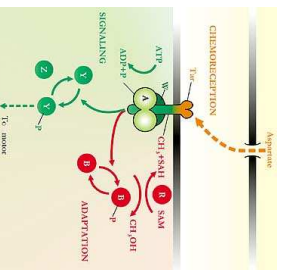
Tas nodrošina citoplazmas olbaltumvielu fosforilāciju.

Fosforilētās olbaltumvielas pievienojas baktērijas viciņas bazālajam ķermentim.

Tas liek viciņai rotēt vienā virzienā. Rezultātā baktērija tuvojas vai attālinās no apkārtējā vidē sastopamajām vielām, atbilstoši signālmolekulu koncentrācijas gradientam baktēriju šūnas iekšienē.

• Šūnu receptoriem ir pievienots zaļais fluorescentais proteīns.

• [Priede/Grozes/2kurss/šūnu/signālsistēmas/3lekc-šūnas/Hemoleksi/jas](#)



Signālu pārnese

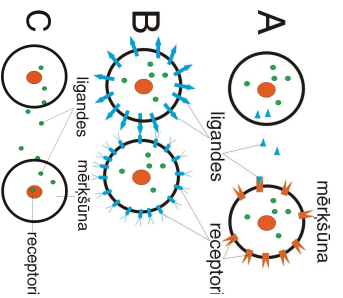
Šūnu, kas spēj uztvert signālmolekulu, sauc par **mērķšūnu**. Signālmolekulu sauc par **ligandi**. Mērķšūnas membrānās olbaltumvielu, kas piesaistīta ligandi, sauc par **receptoru**. Šūnas apmaiņu ar signāliem var realizēt divos veidos. Vienā gadījumā šūna sekretē signālmolekulu. Tā var pārveidoties lielaku vai mazāku attālumu un iedarboies ar otru šūnu. Šādā veidā šūnu darbību regulē hormoni. Otrā gadījumā vienas šūnas membrānas olbaltumviela var mijiedarboies ar otras šūnas membrānas olbaltumvielu.

Receptori var atrasties arī šūnas iekšienē. Tie spēj uztvert mazas hidrofobas signālmolekulas (ligandes).

Signālmolekulu lielums un signālu pārnese

Signālmolekulas var būt nelielas un hidrofobas jeb lielas. Pirmajā gadījumā tās iekļūst citoplazmā un reaģē ar citoplazmas receptoriem. Tādi ir steroīdie hormoni.

Otrā gadījumā signālmolekulas ir lielmolekulāras ar hidrofilām molekulas daļām. Tas pasargā tās no iekļūšanas šūnā un palīdz specifiski pievienot membrānas receptoriem. Tādi ir



A. Sekretēta ligande pievienojas mērķšūnas membrānas receptoram.

B. Vienas šūnas membrānas olbaltumviela mijiedarbojas ar otras šūnas membrānas olbaltumvielu.

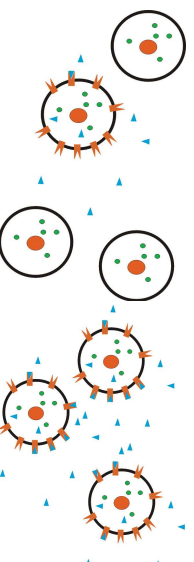
C. Sekretēta ligande pievienojas mērķšūnas receptoram kodolā (transkripcijas faktoram u.c.).

Signālu pārnese veidi

Sekretētās molekulas nodrošina četru veidu signālus:

- apokrīnā sistēma;
- parakrīnā sistēma;
- endokrīnā sistēma;
- sinaptiskā sistēma.

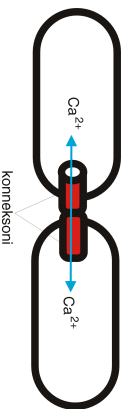
Apokrīnais signālu pārnese veids



Apokrīnā signālu nodošanas mehānisma gadījumā viena šūna uztver pašas sekretētās signālmolekulas vai radniecīgu šūnu grupu sekretē un uztver signālmolekulas.

Otrajā gadījumā uztvertais signāls ir daudz stiprāks nekā vienas sekretējošas šūnas gadījumā. Parasti šos signālus izdala, lai koordinētu noteiktas šūnu grupas diferenciāciju, gludo muskuļu kontrakcijas vai asins reakciju.

Konneksioni

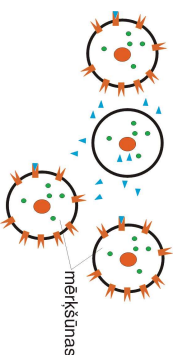


Līdzīgā veidā signālus starp šūnām var nodot caur spraugveida kontaktzonām vai augu šūnu plazmodesmām.
Dzīvnieku šūnās konneksioni transportē Ca^{2+} , ciklisko AMF u.c. mazmolekulāras reānīlāinšas vielas

Endokrīnā signālu pārnese sistēma

Endokrīnā sistēma nodrošina signālmolekulu pārvietošanu lielā attālumā. Šīs signālmolekulas sauc par hormoniem. Hormoni pārvietojas, izmantojot asinsrites sistēmu. Augu gadījumā tie viegli difundē vai tiek pārnesti caur vadaudiem. Tie iedarbojas tikai uz noteiktām šūnām. Organismā nepieciešama liela hormonu daudzveidība, lai panāktu reakciju specifiskumu.

Parakrīnais signālu pārnese veids



Parakrīnās sistēmas gadījumā tiek sekretētas signālmolekulas, kuras nepiecasista sekretējošās šūnas receptori. Tādējādi tiek regulēta kaimiņu šūnu darbība. Pēc signāla saņemšanas mērķšūnu ārpusšūnas matricsa enzīmi šīs signālmolekulas sadala vai piesaista matricsam.

Sinaptiskās signālu pārnese sistēma

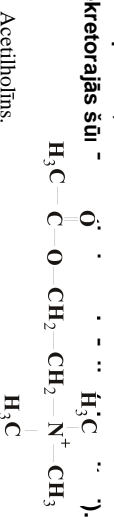
Sinaptiskās signālu pārnese gadījumā sekretējošā šūna pietuvojas mērķšūnai. Signālmolekulas tiek atdalītas no sekretējošās šūnas terminālās daļas un nonāk sinapsē - šaurā zonā starp sekretējošo šūnu un mērķšūnu. Reakcijas specifiskumam nav nepieciešama liela signālmolekulu daudzveidība.

Šūnas reakcija uz signālmolekulām

Signālmolekulas var dažādi ietekmēt mērķšūnas. Pat viena un tā pati viela var izsaukt dažādu atbildes reakciju.

Acetilholīns:

- šķērsviņroto muskuļu šūnās izraisa kontrakcijas;
- sirds muskuļa šūnās samazina kontrakciju biežumu un amplitūdu;
- sekretorajās šūnās (piemēram, endokrīnās šūnās) izraisa enzīmu sintēzi.



- [Sinapses-filma.qt](#) • [Šūnas virsmas receptori](#)

NO un CO difūzija

Mazmolekulārām vielām ir dažu sekunžu garš dzīves laiks. Tās viegli difundē caur membrānām un darbojas lokāli.

Endotēlija šūnās reakcija uz acetilholīna koncentrācijas paaugstināšanos izpaužas kā NO izdalīšana. Tas izsauc gludo muskuļu relaksāciju.

NO tiek sintezēts no arginīna.

Daudzos šūnu tipos NO aktivē guanīli ciklāzi. No GTF tā veido sekundāro signālmolekulu ciklisko GMF. Šī viela var izsaukt dažāda veida šūnas izmaiņas.

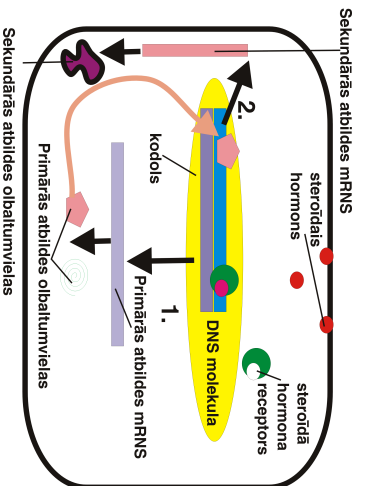
Mazmolekulāru vielu difūzija

Caur membrānu viegli difundē *steroīdie hormoni, tireoīdie hormoni, retinoidi un D vitamīns.*

Tās ir mazas, hidrofobas molekulas, kas pēc difundēšanas caur membrānu piestiprinās iekšējās receptorolbaltumvielām. Tas izraisa šo receptorolbaltumvielu izmaiņas, kuras ļauj tām regulēt DNS transkripciju.

Pēc translācijas šīs olbaltumvielas tiek izmantotas šūnas darbībā vai kalpo par DNS transkripcijas aktivētāju un izraisa sekundāro olbaltumvielu sintēzi.

Steroīdie hormoni



Šūnas virsmas receptori

- Ar jonu kanāliem saistītie receptori.
- Ar G-proteīniem saistītie receptori.
- Ar enzīmiem saistītie receptori.

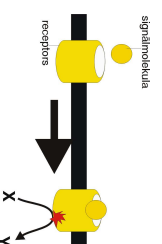
Receptori un jonu kanāli

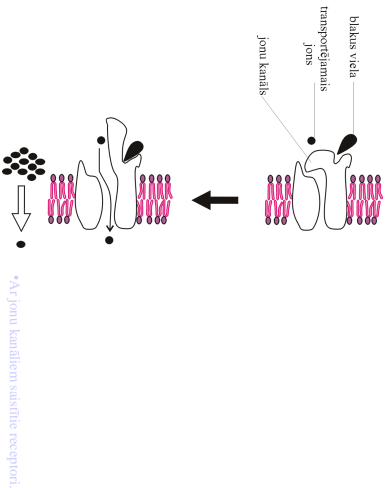
Pirmais receptoru veids vienlaicīgi kalpo arī kā jonu kanāls. Pēc ligandes pievienošanās atveras jonu kanāls un ļauj joniem nokļūt citosolā. Šādā veidā darbojas daudzi nervu šūnu receptori.

Piemēram, uz dažām milisekundēm pievienotais acetilholīns atver kationu kanālu. Tā rezultātā transportē K^+ , Na^+ un Ca^{2+} jonus.

Receptori un enzīmi

Ar enzīmiem saistītie receptori pēc ligandes pievienošanas aktivējas un darbojas kā enzīmi. Dažkārt tie aktivē citus membrānā novietotos enzīmus.

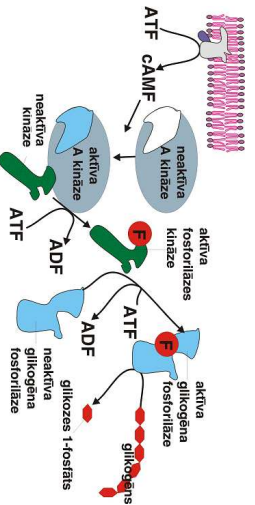




Ja difūzijas rezultātā savienojas ligandi saturoša receptorolbaltumviela ar G-proteīnu, tad GDF molekula kļūst vajāk piesaisīta un difundē. Brīvajā vietā var pievienoties GTF molekula. Tas liek G-proteīna molekulai atdalīties no receptora. Tālāk G-proteīns pievienojas enzīmam. Enzīms noteiktu laiku darbojas. Pēc zināma laika G-proteīns hidrolizē GTF un iegūst savu sākotnējo konformāciju. Tas liek tam atdalīties no enzīma.

• A. J. Knesselshimnadi deklāstācija: G-Protd q1

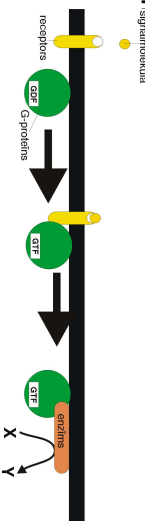
CAMF loma signālu pārnēsē



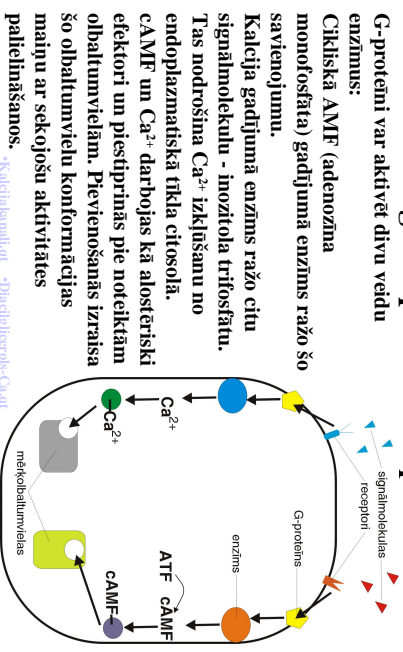
cAMF aktivitāti var novērot aknu šūnās. Tas ir viens no A kināzes aktivētājiem. Aktīva kināze aktivē glikogēna fosforilāzi. Aktīva glikogēna fosforilāze nodrošina glikogēna molekulas sadalīšānu.

Ar G-proteīniem saistītie receptori

Ar G-proteīniem saistītie receptori darbojas netieši. Tie regulē kādas citas plazmatiskās membrānas olbaltumvielas aktivitāti. Tas var būt gan enzīms, gan jonu kanāls. Mijiedarbību starp G-proteīnu un mērķproteīnu parasti nodrošina kāds cits regulators proteins. G-proteīnu nosaukums ir radies no tā, ka šīs olbaltumvielas var piesaisīt fosfāta grupu, kas nāk no guanozīna trifosfāta molekulas



Signālu pārnēses etapi



G-proteīni var aktivēt divu veidu enzīmus:
Cikliskā AMF (adenozīna monofosfāta) gadījumā enzīms ražo šo savienojumu.

Kalcija gadījumā enzīms ražo citu signālmolekulu - inozītola trifosfātu. Tas nodrošina Ca²⁺ izkļūšanu no endoplazmatiskā tīkla citosolā.

cAMF un Ca²⁺ darbojas kā alosteriski efektori un piesitprinās pie noteiktām olbaltumvielām. Pievienošanās izraisa šo olbaltumvielu konformācijas maiņu ar sekojošu aktivitātes palielināšanos.

Ca²⁺ loma signālu pārnēsē

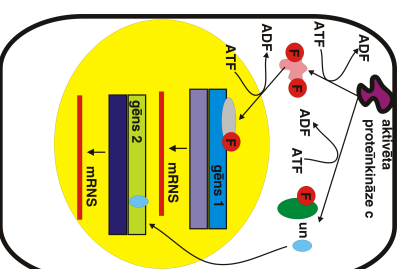
Ca²⁺ loma šūnas signālsistēmā ir iespējama, pateicoties tā atšķirīgajai koncentrācijai dažādos nodalījumos. Parasti citosolā ir viszemākā Ca²⁺ koncentrācija - 10⁻⁷ M. ārpus šūnas tā ir 10⁻³ M. Koncentrāciju atšķirību nodrošina:

- Ca²⁺ un Na⁺ antiports starp citoplazmu un ārpusšūnas vidi;
- Ca²⁺ ATFāze, kas transportē Ca²⁺ ārā no šūnas;
- ATFāzes, kas transportē Ca²⁺ no citosola ET lūmenā, mitohondriju matricā, hloroplastos;
- Ca²⁺ piesaisītošās olbaltumvielas.

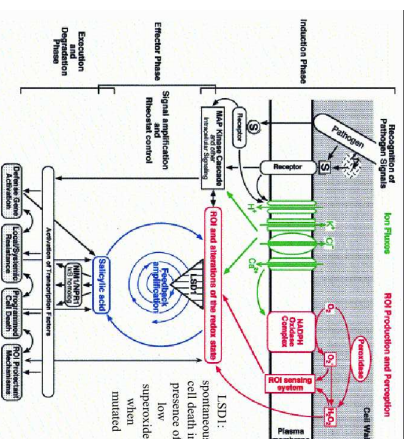
Dzīvnieku šūnās Ca²⁺ koncentrācija citosolā paaugstinās, kad atveras sprieguma atkarīgā kalciju kanāli plazmatiskajā membrānā vai kad inozīdola trifosfāts izraisa kalciju kanālu atvēršanos ET.

Viens no piemēriem, kas raksturo Ca^{2+} lomu, ir proteinu kināzes c aktivēšana. Signālsistēmas izraisītā inozitola trifosfāta sintēze ir saistīta arī ar citu metabolītu parādīšanos. No tiem liela loma ir diacilglicerolam. Ca^{2+} pievienošanās izraisa proteīnkināzes c pārvietošanos no citosola uz plazmatisko membrānu. Tur proteīnkināze c saistās ar diacilglicerolu u.c. savienojumiem. Aktivētā proteīnkināze izraisa gēnu transkripcijas izmaiņas. Proteināzes c fosforīle citas olbaltumvielas. Viņā gādījumā tās pievienojas gēniem un stimulē to transkripciju. Otrā gādījumā fosforīle gēniem pievienotās regulatorolbaltumvielas un tādējādi stimulē šo gēnu transkripciju.

ProteināzeK1,4p



Stresa izsauktās signālu pārnese kaskādes



Otrs piemērs, kas raksturo Ca^{2+} lomu, ir Ca^{2+} -kahnodulīna kompleksi. Ca^{2+} pievienojas kahnodulīnam. Izveidotais komplekss pievienojas pie citām olbaltumvielām. Tāda veidā aktivē arī vairākas proteīnu kināzes.

Signālu pārnese kaskādes

