

## Ožas analizators

Oža ir specializēta himioreceptīva sensorā sistēma, kas piemērota ķīmisku signālu uztveršanai, kuriem ir neliels molekulārais svars un kuriem ir kāda adaptīva nozīme, piemēram, barības meklēšanā, dzimumuzvedībā, briesmu signālu uztveršanā, navigācijā. Tā ir distanta maņa ar augstu jutību. Sauszemes dzīvniekiem ožas signāli ir gaistošas vielas, bet ūdens iemītniekiem ūdenī šķīstošas vielas.

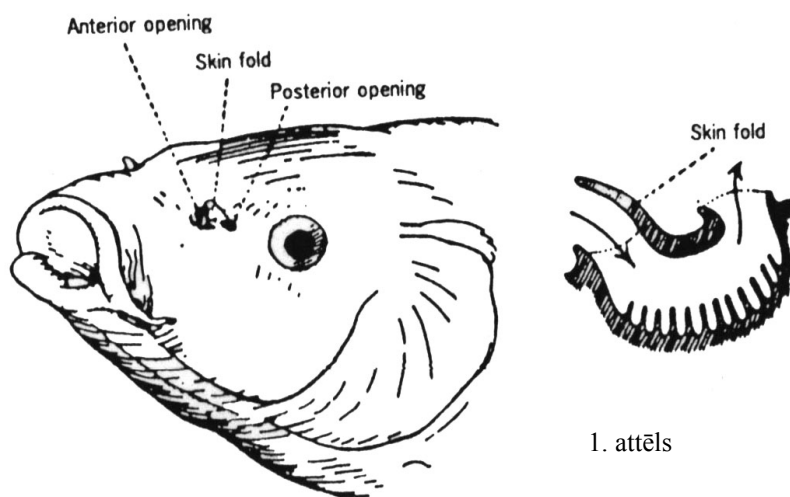
### Mugurkaulnieki

- Zivis

Īstām kaulzivīm nazālais dobums veic tikai ožas funkciju, jo atrodas dorsālajā pusē un nav saistīts ar žaunām (1.att).

Apaļmutniekiem un dažām skrimšļzivīm ožas dobums atrodas ventrāli un ir saistīts ar žaunām un elpošanas sistēmu.

Katram ožas orgānam ir nepieciešama ūdens cirkulācija. To nodrošina straume, aktīva pārvietošanās, netieši arī žaunu un žokļu kustības. Ožas spraugā ūdens pārvietošanos papildus var nodrošināt epitēlijs ar skropstiņu kustību.



- Zīdītāji ar labi attīstītu ožu (žurka un trusis)

Šiem dzīvniekiem deguna dobuma priekšdaļā ir rievota gliemežnīca, kuras uzdevums ir gaisu sasildīt un samitrināt. Tālāk gaiss tiek virzīts divos virzienos:

- 1) apakšējā ejā, kur caur rīkles-deguna traktu gaiss nokļūst plaušās
- 2) augšējā ejā, kas novada gaisu ožas dobumā, kura sieniņa, vairākkārtīgi izlocoties, veido valnīšus un rievās. Šie valnīši iespiežas deguna dobumā un tādā veidā izveido vairākas sīkākas gaisa ejas.

Ožas dobuma sieniņu rievām ir būtiska nozīme:

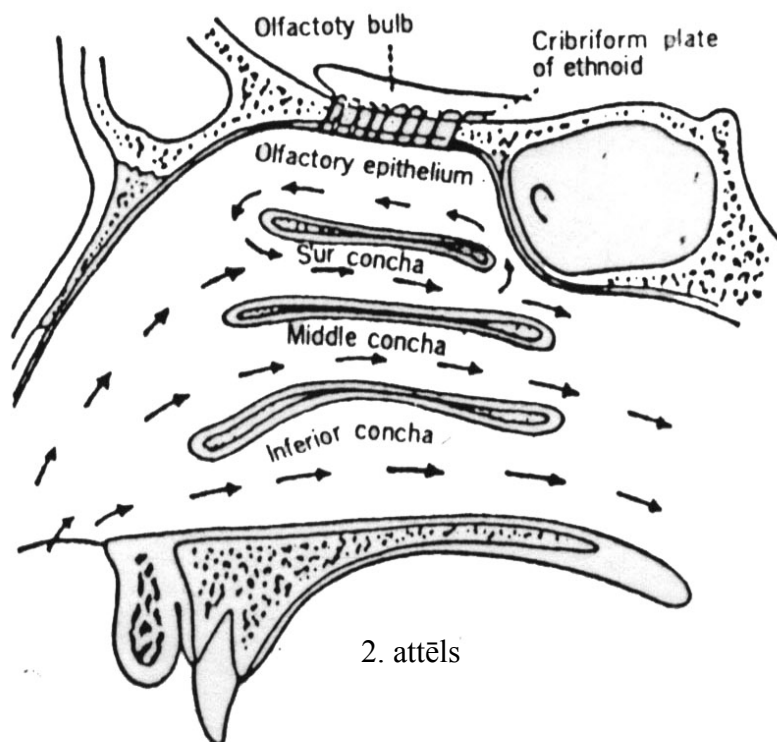
- 1) receptīvās virsmas palielināšanā,
- 2) gaisa plūsmas dinamikas modificēšanā.

Stimulācijas intensitāti būtiski ietekmē ošņāšanas kustības.

Starp abām nāsīm praktiski saistības nav, ja neskaita mazu starpsienas jeb septālo lodziņu, kas vairumam dzīvnieku atrodas tuvu deguna-rīkles traktam. Cilvēkam septālā lodziņa nav. No nāsīm gaiss caur hoānām nonāk rīklē un tālāk tiek novadīts līdz plaušām.

- Cilvēks un augstākie primāti

Cilvēkam abi deguna dobumi ir plašas vienkāršas kameras. Ožas epitēlijs veido deguna dobuma jumtu un principā gaisa plūsmu caur šo atzaru nodrošina tikai virpuļstrāvas no gaisa plūsmas uz plaušām (2. att). Iespējams, ka tādā veidā notiek fizikālā gāzu sastāva sadalīšanās pēc molekulārā svara.



### **Galvenā ožas sistēma**

Galvenā ožas sistēma sastāv no galvenā ožas orgāna - ožas epitēlija deguna dobumā, ožas sīpola, kas ir pirmais sinaptiskais pārslēgšanās punkts un kur notiek informācijas pirmapstrāde vadītājiem un attiecīgiem centriem galvas smadzenēs.

Dzīvniekus ar augsti attīstītu galveno ožas sistēmu pieņemts saukt par makrosmātiskiem, ar vāji attīstītu ožu par mikrosmātiskiem un dzīvniekus, kam šīs sistēmas praktiski nav - par anosmātiskiem. Makrosmātiskie, piemēram, ir grauzēji (žurkas, peles), kukaiņēdāji (eži), plēsēji (suņi). Mikrosmātiskie ir primāti, ieskaitot cilvēku, un anosmātiskie ir vaļi un delfīni.

Zīdītājiem galvenajai ožas sistēmai ir augsti attīstīta kompleksa uzbūve un ievērojamas funkcionālās iespējas, tai skaitā spēja atšķirt tūkstošus dažādu smaržu. Tai ir būtiska nozīme izziņas un augstākām asociatīvām funkcijām, kas saistītas ar smaržām un smaržu determinētām uzvedības reakcijām. Piemēram, zīdīšana, dzimumuzvedība, barības meklēšana. Tāpat šī sistēma regulē veģetatīvās reakcijas, piemēram, apetīti, barības izvēli, gremošanas sistēmas stāvokli.

### Ožas epitēlijs

Diezgan vienkārša un līdzīga struktūra visiem mugurkaulniekiem. Epitēlijs sastāv no 3 tipu šūnām:

- 1) receptoršūnām (neironiem),
- 2) 2 funkcionālu tipu balsta šūnām,
- 3) bazālām šūnām, kas ir receptoru cilmes šūnas.

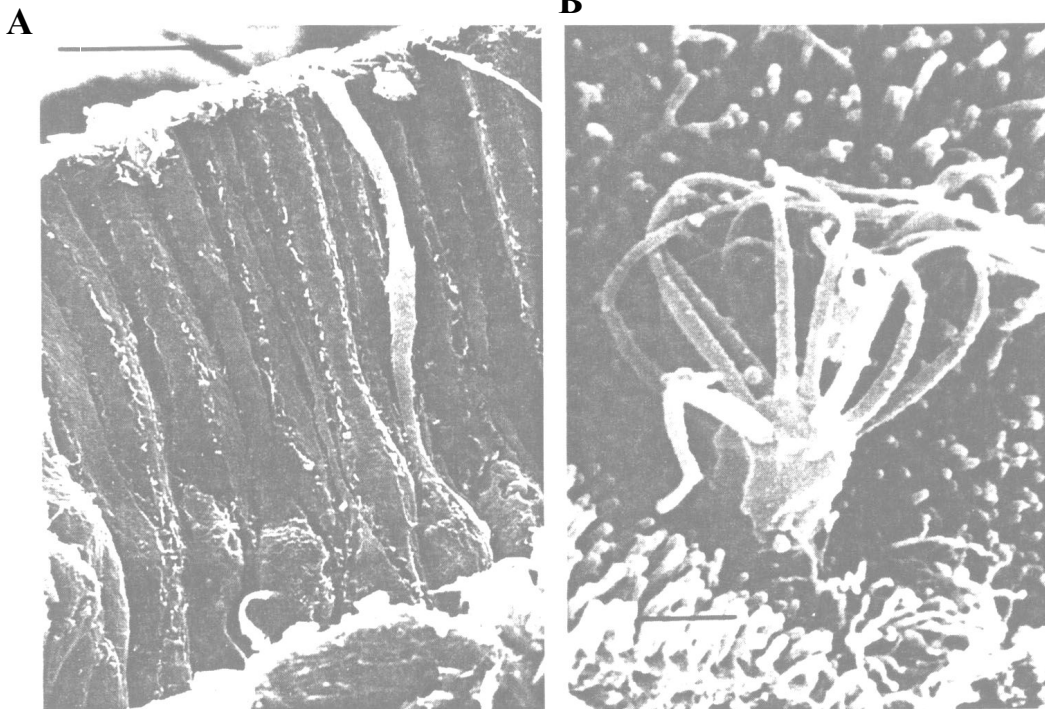
- Receptoršūnas ir primārie ožas neironi un var būt divu tipu:
  - receptoršūnas ar dendrītu skropstiņām (cīlijām),
  - receptoršūnas ar mikrobārktiņām - daudziem īsiem citoplazmas izaugumiem (mikrovilām).

Šūnas ar mikrobārktiņām ir raksturīgas vomeronazālajam orgānam, bet ožas epitēlijā tās ir sastopamas daudz retāk – parasti tām dzīvnieku grupām, kurām vomeronazālais orgāns nav diferencējies. Ožas epitēlijā šīs šūnas ir aprakstītas haizivīm, īstām kaulzivīm un rāpuļiem. Nelielā daudzumā tās ir atrastas arī dažu zīdītāju ožas epitēlijā.

- Balsta šūnas. Tās darbojas kā neiroglija, t.i., balsta un baro receptoršūnas visā to attīstības un funkcionēšanas laikā. Balsta šūnas producē gļotainu šķidrumu, kas klāj epitēliju.

To kodoli ir novietojusies epitēlija virspusē un veido vienmērīgu slāni. Receptoršūnu kodoli tieši pretēji ir “paslēpušies” dziļākos slāņos, tādējādi izveidojot neīsto slāņaino epitēliju, kura biezums svārstās no 100-150µm (3. att. A).

- Bovmaņa dziedzeri. Tie vienmērīgi izkaisīti visā ožas epitēlijā un producē gļotainu šķidrumu tāpat kā balsta šūnas. Gļotu slānim bez aizsargfunkcijas ir arī būtiska nozīme perireceptorā fāzē. Sekrēts sastāv no mukopolisaharīdiem un glikoproteīniem, kas regulē un atvieglo dažādu vielu šķīdību un difūziju.



3. attēls

### Ožas receptoro neironu struktūra

Neirons ir ovāls ar vienu garu mietveida dendrītu, kura gals ir paplašināts un veido ožas pauguriņu. No pauguriņa atzarojas 5-20 cilijas, kuru garums parasti ir 30 -200µm atkarībā no sugas (3. att. B). Literatūrā ir pretrunīgas ziņas par to kustīgumu. Tām nav atrasts dineīns - raksturīgā ATP-āze, kas nodrošina ciliju kustīgumu skropstiņepitēlijā, taču ir novērojumi, kas liecina, ka cilijas tomēr haotiski kustās.

Ciliju membrāna ir receptormolekulu koncentrācijas vieta. Zīdītājiem receptori sastāv no 7 transmembrānu domēniem. Pārsteidzošs ir fakts, ka cilvēkam ir aptuveni 1000 dažādu ožas receptoru, kuru molekulāro struktūru kodē apmēram 1000 gēnu, kas izvietoti lielos klāstos uz vismaz trīs hromosomām. Tātad vesels 1% no cilvēka genoma (kas tiek lēsts ir ap 100 000 gēniem) tiek veltīts smaržvielu atpazīšanai! Salīdzinājumam samiņiem ir tikai 100 ožas receptoru gēnu. Alēliskā eksklūzija un inaktivācija palielina receptoru daudzveidību un sekmē to, ka katrs sensorais neirons ekspresē tikai viena veida ožas receptoru. Ožas epitēlijā izšķir četras telpiski atdalītas zonas, kuras atšķiras pēc receptoru tipiem, kas tajās tiek ekspresēti. Viena tipa ožas neironi izkaisīti starp citu tipu neironiem ar kuriem veido neregulāras mozaīkas vienas zonas robežās. Šī zonāla organizācija ir raksturīga zīdītājiem, bet nav zivīm.

Kad smaržvielas nokļūst gļotu slānī, tur tās piesaista specifiski proteīni, kas tās nogādā līdz receptoršūnu dendrītiem. Smaržvielu transportproteīni (OBP - odorant-binding proteins) ir mazi ūdenī šķīstoši proteīni, kas pieder pie lielas proteīnu grupas - lipokaīniem. Receptoršūnās sekundārie starpnieki ir cAMP (cikliskais adenozinmonofosfāts) un IP<sub>3</sub> (inozitol-trifosfāts). Kad smaržviela ir iedarbinājusi attiecīgo sekundāro starpnieku kaskādi, signāla uztveršana tiek pārtraukta receptoru inaktivējot fosforilācijas ceļā. To veic specifiskas G proteīniem piesaistīto receptoru kināzes kā arī plaša darbības spektra proteīnkināzes A un C. Signāls tiek terminēts arī inhibējot ciklisko nukleotīdu jutīgos kanālus. Šo mehānismu nodrošina Ca<sup>2+</sup> joni, kas ieplūst šūnā un savienojoties ar kalmodulīnu aizver aktivētos jonu kanālus. Savukārt smaržvielas inaktivāciju, ja tāda notiek, veic citohroms P-450 un nevis receptoršūnās, bet gan balsta šūnu endoplazmatiskajā tīklā.

Neironu aksoni ir nemielinizēti; saplūstot apmēram 1000 šķiedrām kopā tie veido kūlīšus. Vairākus kūlīšus ietver viena Švāna šūna. Atsevišķi kūlīši guļ 100 µm viens no otra, bet attālums starp atsevišķām šķiedrām ir 100-150 Å, kas pieļauj elektroķīmisko saistību starp šķiedrām un var būt par pamatu zināmai to darbības sinhronizācijai.

Šīs ir vislēnākās šķiedras visā organismā: to vadītājātrums ir 0.2 m/s.

Starpt ožas epitēliju un ožas sīpolu tikai dažiem dzīvniekiem, piem, baložiem, dažām zivīm (lašiem, karpām) ir ožas nervs. Turpretī citiem dzīvniekiem, piemēram, zelta zivtiņai, vairumam putnu un visiem zīdītājiem kūlīši ir īsi un neveido nervam raksturīgu kompakto struktūru. Ožas sīpolā aksoni bez sazarošanās konverģē un veido tā saucamos ožas kamoliņus. Piemēram trusim uz ožas kamoliņiem konverģē 26 000 ožas sensoro neironu. Ožas kamoliņi ir izvietoti uz ožas sīpola virsmas vienā vai divos slāņos. Šeit sensorie aksoni veido sinapses ar periglomerulāro šūnu dendrītiem un divu funkcionāli līdzīgu tipu - mitrālo un piebriedušo šūnu dendrītiem, kas pārraida informāciju tālāk uz ožas garozu. Uz ožas sīpolu bez tam pienāk arī eferentie signāli no dažādiem smadzeņu apgabaliem, kas var regulēt sinapses ožas sīpolā.

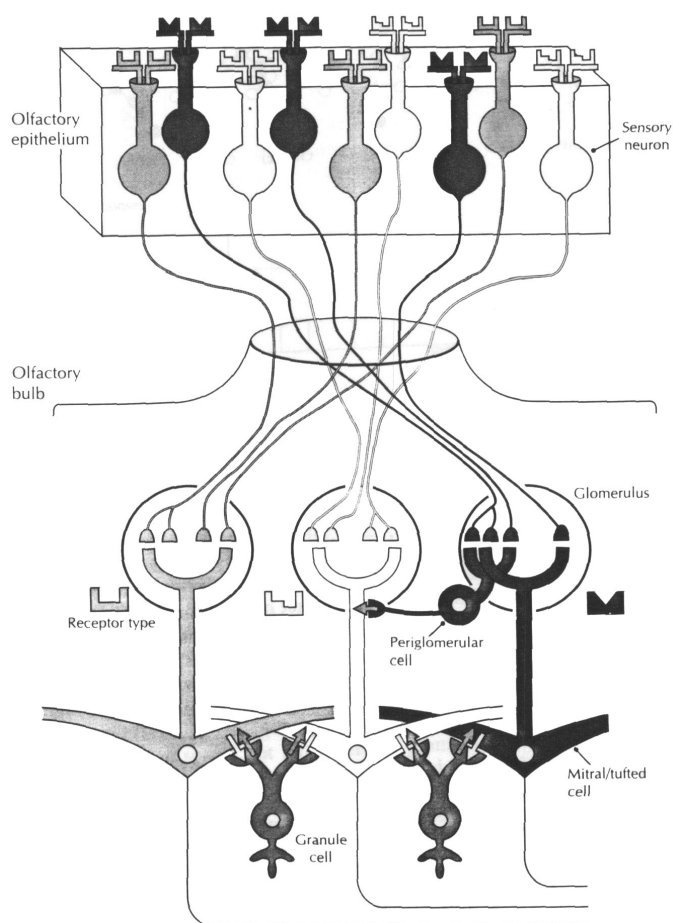
Elektrofizioloģiskie pētījumi rāda, ka blakus esošie kamoliņi atbild līdzīgi uz vielām, kas ir tuvas pēc struktūras. Lietojot hibritizēto mRNS metodiku ir pierādīts, ka viena receptora tipa ožas neironu aksoni projicējas uz vienu vai augstākais uz dažiem kamoliņiem (4. att.). Būtiski, ka šo specifisko kamoliņu izvietojums ir ģenētiski ieprogrammēts, jo tas ir

identisks abās nāsīs un ir raksturīgs dotajai sugai. Blakusesošo kamoliņu jūtīgums pret vienādām smaržvielām ir diezgan līdzīgs.

Mitrālām/piebriedušām šūnām primārais dendrīts saņem informāciju pamatā no viena kamoliņa, taču daudzos gadījumos šī viens-pret-vienu organizācija nav spēkā. Zivīm, abiniekiem, rāpuļiem, un putniem mitrālās šūnas tipiski projicējas vairākos kamoliņos. Tātad iespējams, ka tās specifiski sintezē informāciju no vairākiem receptoru tipiem.

Zīdītāju mitrālās/piebriedušās šūnas, kas asociētas tikai ar vienu kamoliņu saņem laterālo inhibitoro ietekmi no blakus kamoliņa mitrālām/piebriedušām šūnām caur lokāliem inhibējošiem starpneironiem: periglomerulārām un granulārām šūnām. Periglomerulāro šūnu dendrīti saņem informāciju kamoliņā, bet to aksoni veido kavējošās sinapses ar blakus kamoliņu mitrālām/piebriedušām šūnām (4. att.).

Mitrālo/piebriedušo šūnu bazālie dendrīti sniedzas laterāli uz visām pusēm un veido reciprokās sinapses ar granulārām šūnām. Katra granulārā šūna veido sinapses ar daudzu mitrālo/piebriedušo šūnu dendrītiem. Sinapses virzienā no mitrālām/piebriedušām šūnām uz granulārām šūnām ir uzbudinošas un kavējošas (GABA-erģiskas) pretējā virzienā. Tādā veidā viena kamoliņa mitrālās/piebriedušās šūnas caur granulārām šūnām var kavēt blakus esošo kamoliņu mitrālās/piebriedušās šūnas. Šāda blakusesošo šūnu inhibīcija nodrošina lielāku atbildes specifiskumu, jo no inhibējošās ietekmes spēj "atbrīvoties" tikai tā šūna, kurai ir augstāks specifiskums pret doto vielu nekā blakus šūnām - uzvar stiprākais (atcerēsimies, ka blakus esošie kamoliņi ir specializējušies uz strukturāli tuvām vielām).



4. attēls

### **Receptoršūnu attīstība, nolietojšanās un reģenerācija**

Receptoru dzīves ilgums ir 1-2 mēneši. Tās ir vienīgās zināmās nervu šūnas organismā, kas regulāri tiek nomainītas. Receptoršūnas attīstās no bazālām šūnām. Tām sāk veidoties aksons, kas pakāpeniski iekļaujas attiecīgā kūlītī līdz sasniedz ožas sīpolu un izveido attiecīgās sinapses. Šis process kopumā tiek pabeigts apmēram 1 nedēļas laikā neatkarīgi no dzīvnieka vecuma.

Kad šūnas ir nolietojušās, tad seko deģenerācija un nāve. Šinī procesā izdalās specifiski metabolīti, kas inducē bazālo šūnu diferenciāciju.

Kā šī nepārtrauktā šūnu nomaiņa un dažādo receptoru ekspresija spēj nodrošināt neironu atbilstošu slēgumu ar starpneironiem ožas sīpolā, tādējādi saglabājot atbildes specifiskumu, nav precīzi zināms. Problēma ir ožas epitēlija neironam ar konkrēto receptora tipu atrast tam specifisko kamoliņu ožas sīpolā. Pirmā iespēja ir, ka sensorā neirona ekspresētais receptors nosaka ar kuru kamoliņu sinapse tiks veidota, kamēr otra iespēja ir, ka sinapse ar kamoliņu izveidojas vispirms un kāds signāls no kamoliņa pieļauj tikai tam atbilstošā tipa receptora ekspresija uz sensorā neirona. Kā izrādās abi mehānismi var tikt izmantoti dažādās dzīvnieku grupās un iespējams pat vienas sugas robežās.

Zīdītāju šūnu kultūrās ir novērots, ka receptoru specifiskums tiek determinēts pirms aksons sasniedz sev specifisko kamoliņu. Tas liecina, ka zīdītāju receptoru tips nosaka aksonu virzību uz atbilstošu kamoliņu. Kukaiņiem antenu pārstādīšana pretējā dzimuma indivīdam izraisa dzimumspecifisku kamoliņu veidošanos. Interesanti ir novērojumi, ka šūnu kultūrās audzētu ožas receptoru diferenciācija var mainīties atkarībā no mikrovides. Šī fenomena nozīme pagaidām vēl nav zināma.

### **Ožas neironu elektrofizioloģija**

Smaržvielas klātbūtnē neironu impulsācijas frekvence strauji palielinās un tad mazliet samazinās līdz statiskam līmenim. Neironu maksimālā impulsācijas frekvence ir apmēram 20 impulsi/sekundē. Miera stāvoklī bez smaržvielas klātbūtnes neironiem piemīt spontānā aktivitāte 1 impulss/sekundē. Kairinājums izraisa receptoršūnu aktivāciju, lai gan apmēram 5%-tos receptoru var reģistrēt kavēšanu, kuras izcelsme nav izskaidrota. Iespējams, ka tā rodas brīdī kad smaržviela tiek aizvākta no receptora. Parasti uz vienu smaržvielu atbild plašs neironu spektrs, taču to jutīgums ir atšķirīgs. Šūnu summāro elektrisko aktivitāti pierakstītu no kāda ožas sistēmas apgabala sauc par *elektro-olfaktogrammu (EOG)*. Interesanti, ka receptoru šūnu atbilde var būt atkarīga no tās tuvākās pagātnes pieredzes. Piemēram, ir zināms, ka butanols izraisa ļoti vāju atbildes reakciju vārdes ožas epitēlijā. Taču pēc muska, kas pats par sevi neizraisa nekādu reakciju, jutīgums pret butanolu palielinās daudzkārtīgi. Ir zināms, ka atsevišķu parfimērijas un pat pārtikas produktu piedevu smaržas izraisa līdzību efektu uz cilvēkam ožas sistēmas jutīgumu.

### **Smaržvielu fizikāli ķīmiskās īpašību nozīme**

Smaržvielas ir viegli gaistošas vielas ar nelielu molekulāro svaru. Ir zināms, ka smaržvielu izraisītās aktivitātes telpiskais raksturs ožas sīpolā ir atkarīgs no vielas fizikālām īpašībām.

- Vielu hidrofilītāte nosaka to spēju difundēt caur gļotu slāni, taču, lai pārvarētu piemēram 100 μm biezu slāni, nepieciešamas 2.5 sekundes. Hidrofilo vielu iedarbības latentais periods ir īsāks un sliekšņi zemāki.

- Vielu šķīdība lipīdos iegūst būtisku nozīmi brīdī, kad smaržvielas molekula ir nonākusi līdz receptoršūnas membrānai. Lipīdos šķīstošām vielām var atrast noteiktu oglekļa atomu ķēdes garuma optimumu, kas izraisa maksimālo atbildes reakciju. Piemēram, ir atrasts, ka vārdes ožas epitēlija summārā elektriskā aktivitāte vienvērtīgiem spirtiem, ketoniem un aldehīdiem pieaug līdz 8 oglekļa atomiem ķēdē, bet tad to efektivitāte atkal pakāpeniski samazinās. Cilvēkam suņiem un bitēm taukskābēm maksimums iestājas pie 4 oglekļa atomiem ķēdē. Gaistošo esteru optimums cilvēkam un bitēm ir 12 oglekļa atomi. Iespējams, ka smaržvielu iedarbības efektivitāti no optimuma īsākās ķēdes virzienā ierobežo šķīdība lipīdos un savukārt otrā virzienā efektivitāti ierobežo molekulas izmēri.
- Funkcionālo grupu ķīmiskās īpašības ietekmē sensoro neironu atbildes latento periodu un sliekšni, bet ne vienmēr ir noteicošais faktors, kas nosaka stimula kvalitāti. Izņēmums ir skābes, kuru smaržu nosaka funkcionālā grupa un specifiski receptori.

### **Smaržas stimula uztveršana**

Galvenais jautājums ir kādas gaistošu vielu molekulu īpašības nosaka tām raksturīgo smaržu. Visizplatītākā ir stereokīmiskā smaržas uztveršanas teorija. Tās atklāšanas pamatā ir fenomens, ka molekulas, kuru telpiskā struktūra ir līdzīga, bet tās veido atšķirīgi atomi - smaržo vienādi. Stereokīmiskā smaržas uztveršanas teorija kā tāda netiek apstrīdēta, taču jautājums par citu mehānismu nozīmi vēl paliek atklāts.

Receptormolekulu proteīnus kodē liela gēnu saime. Šiem proteīniem kopīgs ir tas, ka visiem ir 7 transmembranāli domēni. Uzskata, ka šie domēni veido noteiktas ģeometriskas formas molekulārās kabatas, kurās dotam receptoram specifiskās smaržvielas atomu telpiskā struktūra atbilst kā atslēga slēdzenē. Katrai receptoršūnai ir tikai viena tipa receptors, kas ir jūtīgs pret vairākām vielām. Katrs receptors ir jūtīgs pret plašu vielu spektru, tomēr katram receptoru tipam šis spektrs ir specifisks. Tas liecina par to, ka informācija par dažādu smaržvielu specifiskumu tiek kodēta vairāku receptoru tipu aktivitātes šablonā.

Šāds smaržvielu kodēšanas mehānisms, kad viena viela izraisa aktivāciju vairākos specifiskos receptorus un var tikt atpazīta tikai pēc aktivācijas šablona var sniegt vairākas priekšrocības:

1. Tas dod iespēju diskriminēt vairāk dažādas smaržvielas nekā ir specifisko receptoru.
2. Tas dod iespēju atpazīt pilnīgi jaunas smaržvielas, kuras nekad nav sastaptas filoģenēzes laikā
3. Tas dod iespēju atpazīt vielas, ar kurām indivīds nav saskāries ilgu laiku. Ja receptori būtu izteikti specifiski, tad to ilga neaktivitāte varētu novest pie sinaptisko saišu pakāpeniskas deģenerācijas.

Pateicoties šim mehānismam cilvēks ir jutīgs pret vairāk kā 10 000 visdažādāko smaržvielu, bet vienu no otras spēj atšķirt apmēram 5 000 smaržvielas.

Nav izslēgts, ka smaržvielas atpazīšanā blakus receptoru afinitātes analīzei papildus informāciju var sniegt epitēlija aktivēšanās telpiski-dinamiskais šablons, kas būtībā ir atkarīgs no vielas ķīmiskām un fizikālām īpašībām. Tā būtība ir tāda, ka dažādi ožas epitēlija reģioni uzbudinās noteiktā secībā un ar atšķirīgu intensitāti atkarībā no stimula fizikālām īpašībām. Sevišķi liela nozīme tam ir dzīvniekiem ar sarežģītu ožas ceļu uzbūvi. Kā visa šī informācija tiek integrēta galvas smadzenēs, nav zināms. Nervu šķiedras specifiskumu pret vienu konkrētu receptoru tipu var novērot tikai līdz ožas sīpola kamoliņu līmenim. Augstākos smadzeņu nodalījumos šādas organizētības vairs nav.

Pozitronu emisijas tomogrāfijā ir konstatēts, ka cilvēkam primārais ožas apgabals ir piriformais apgabals garozas deniņu daivā. Sekundārais apgabals ir orbitofrontālais apgabals. Interesanti, ka šis sekundārais apgabals aktivējas tikai labajā puslodē. Tātad cilvēkam ir izteikta ožas funkcijas pusložu asimetrija.

### **Primārās smaržas – vai tādas eksistē?**

Cenšoties vilkt paralēles ar garšas analizatoru, psihofiziologu centrā jau izseni ir bijis jautājums par primārām smaržām. Ir ieteiktas dažādas primāro smaržu sistēmas. Par primārām smaržām, piemēram, uzskata kampara, muska, puķu, piparmētru, ētera, skābu, puvuma smaržu. Šis iedalījums ir subjektīvs un objektīvu fizioloģisku pierādījumu nevienai no primāro smaržu sistēmām nav. Tomēr minētās sistēmas var būt lietderīgas praktiskiem mērķiem. Primāro smaržu sistēmu lieto parfimērijas rūpniecībā. Lai raksturotu kāda noteikta produkta smaržu, sastāda tā saucamo smaržas formulu, kurā norāda cik nosacītās smaržas vienības no katras primārās smaržas jāsajauc, lai iegūtu konkrēto smaržu.

### **Feromoni**

Feromoni ir distanti ķīmiskās sazināšanās līdzekļi - vielas, kuras dzīvie organismi izdala apkārtējā vidē un tās pašas sugas indivīdiem tie izraisa iedzimtas stereotipiskas adaptīvas bioloģiskas reakcijas. Feromonu signālu uztveršanu galvenā ožas epitēlijā viennozīmīgi atzīst tikai zivīm, kurām vomeronazālais orgāns, par ko būs runa tālāk, nav diferenciēties kā atsevišķa struktūra. Iespējams, ka feromonu signālu uztveršanai ir specializējušās tās ožas epitēlija šūnas, kurām atšķirībā no vairākuma receptoršūnu skropstiņu vietā ir mikrobārkstiņas (mikrovilas). To var nodemonstrēt, balstoties uz novērojumu, ka ožas nerva bojājuma gadījumā receptoršūnas ar mikrobārkstiņām deģenerējas ātrāk un tām vajadzīgs ilgāks laiks reģenerācijai. Zelta zivtiņām, korelējot šo šūnu reģenerācijas pakāpi ar feromonu izsaukto elektrisko aktivitāti ožas epitēlijā, tika secināts, ka par feromonu signālu uztveršanu tiešām galvenokārt ir atbildīgas receptoršūnas ar mikrobārkstiņām. Feromonu funkcijas var pildīt vai nu vienu konkrēta viela vai vairāku vielu maisījums. Atšķirībā no pārējām smaržvielām, kas tiek kodētas pēc aktivitātes šablona vairākos receptoros, katram feromona komponentam parasti atbilst savs specifisks receptors ar augstu afinitāti. Tas nozīmē, ka feromonu klāsts ir ierobežots, ģenētiski noteikts un raksturīgs katrai konkrētai sugai. Feromonu izraisītās uzvedības reakcijas ir iedzimtas un nepakļaujas apmācībai. Turpretim, piemēram, ar barību asociējamo smaržu spektrs, pateicoties kodēšanai vairāku tipu receptoros vienlaicīgi, ir praktiski neierobežots. Otrkārt, šo smaržvielu izraisītās asociācijas pakļaujas apmācībai un ļauj populācijai piemēroties jaunam izplatības areālam un mainīgiem vides apstākļiem.

Pēdējos gados arvien vairāk novērojumu liecina, ka par feromoniem var kalpot vairāku vielu maisījumi: lai izraisītu attiecīgo uzvedības reakciju ir nepieciešami visi feromona komponenti vienlaicīgi un tiem jābūt noteiktās attiecībās. Tātad šādā gadījumā par feromonu nevar uzskatīt katru atsevišķo komponentu, bet gan tikai maisījumu kopumā. Dažām kukaiņu sugām makroglomerulārajā kompleksā ir atrasti neironi, kuri aktivējas tikai tādā gadījumā, ja maisījumā esošo vielu komponentu attiecība atbilst kādai noteiktai vērtai, kas raksturīga katrai sugai.

Lai izvairītos no krustošanās, tuvradniecīgām sugām feromoni var sastāvēt no vienu un to pašu elementu maisījuma tikai atšķirīgās attiecībās. Zivīm ir labi izpētīti feromoni, kas sinhronizē to reproduktīvo uzvedību. Piemēram zelta zivtiņām sinhronizācijai ir būtiska nozīme, jo to vairošanās cikli ir diezgan neregulāri. Sākoties nārstam, tēviņiem ir jābūt



gataviem apaugļot izdētos ikrus. Ir zināms, ka feromonu funkciju veic vairāku dzimumhormonu, prostaglandīnu un to metabolītu maisījumi, kas izdalās apkārtējā vidē no mātītes ķermeņa. Tā kā reproduktīvos ciklus organismā principā regulē vairāku hormonu relatīvā koncentrācija, tad nebūt nav pārsteidzoši, ka arī feromoni ir vairāku vielu maisījumi.

### ***Citas nazālās hemosensorās sistēmas***

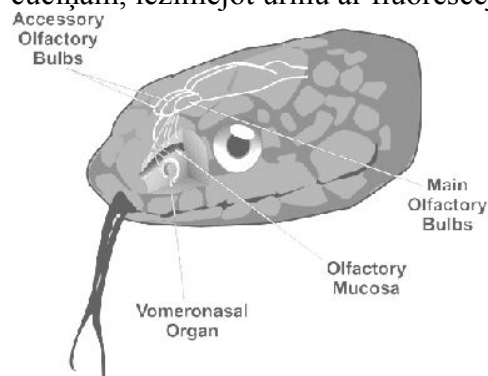
Bez galvenās ožas sistēmas deguna dobumā ir zināmas vismaz četras citas sensorās sistēmas:

1. Vomeronazālais jeb Jakobsona orgāns.
2. Trijzaru nerva nociceptīvā sistēma.
3. Terminālā nerva atzari.
4. Massera septālais orgāns.

### **Vomeronazālā sistēma**

Vomeronazālais orgāns (VNO) ir pāra orgāns, kuru ietver cigārveidīga kapsula vomeronazālā skrimslī tieši virs vomera kaula. Jāievēro, ka šī kapsula caur šauru kanāliņu var atvērties vai nu deguna vai mutes dobumā atkarībā no sugas (cilvēkam atveras deguna dobumā). Tas ir ļoti labi attīstīts plēsējiem (suņiem, kaķiem), grauzējiem, zirgiem, govīm, dažām sīkspārņu sugām, ķirzakām, čūskām. Tas nav atrasts putniem, zivīm, vaļiem. VNO galvenokārt ir atbildīgs par feromonu detektāciju, lai gan piemēram čūskām tas palīdz izsekot medījumu. Tas ir pierādīts, ka ar VNO starpniecību tiek rosinātas noteiktas stereotipiskas uzvedības un neuroendokrīnās reakcijas. Uzskata, ka šis orgāns regulē ožas vadītas uzvedības reakcijas, kuras attiecīgai sugai ir ģenētiski ieprogrammētas un nav pakļautas ontoģenētiski-adaptīvai ietekmei. Tas regulē pubertātes iestāšanos, reproduktīvās hormonālās reakcijas, indivīdu atpazīšanu, sociālās attiecības (kastu sistēmu). Ir zināms, ka strupastēm tēviņa smarža uztur grūtniecību.

VNO ir labi apasiņots. Feromonu nokļūšanu VNO atvieglina asinsvadu motorika. Asinsvadu diametru regulē simpātiskā nervu sistēma, kas izraisa vazokonstrikciju un līdz ar to spiediena krišanos kapsulā kā rezultātā vielu iekļūšana orgānā tiek paātrināta "iesūcot" tās caur atveri. Dažiem dzīvniekiem ir novērotas speciālas lūpu-mēles kustības, kas VNO nogādā arī maz gaistošas vielas (ar molekulāro svarulīdz pat 66 kilodaltoniem), kuras, piemēram, var būt kā marķeri dzīvnieku urīnā un izkārnījumos, kas iezīmē teritorijas piederību. Tas, ka negaistošas vielas tiešām nokļūst VNO ir pierādīts uz jūras cūciņām, iezīmējot urīnu ar fluorescējošu aģentu.



Receptoršūnām atšķirībā no ožas epitēlija nav ciliju, bet gan ir mikrobārkstiņas. VNO ir atrasts neliels skaits ožas epitēlijam raksturīgo receptoru tipu, taču to ir par maz lai nodrošinātu šī orgāna funkcijas. Ir atrasti 30-40 potenciālie specifiskie receptori, lai gan pagaidām vēl nevar droši apgalvot, ka tie, piemēram, nav aksonu virzības un saderības marķeri. Tie sastāv no septiņiem transmembrānas domēniem, taču atšķirībā no ožas

epitēlija tie visi ir dažādi un nesatur nemainīgos apgalbus. Molekulārās kaskādes, kas

signalizē par receptoru aktivāciju arī ir būtiski atšķirīgas no ožas epitēlija. Arī nervu kodoli, kas nodrošina sensorās informācijas apstrādi ir pilnīgi atdalīti no galvenās ožas epitēlija sistēmas. Tas norāda, ka abas sistēmas veic atšķirīgas funkcijas. Fakts, ka VNO kā nodalīta struktūra nav atrasts zivīm, liecina, ka abas šīs sistēmas *jauktā* veidā zivīm var pastāvēt viena otrai līdzās: to apstiprina histoloģiskie dati, ka zivīm ožas epitēlijā ir abu minēto tipu receptoršūnas - ar cilijām un mikrobārkstiņām.

VNO neironu īpatnības:

Tās ir bipolāras šūnas. Atšķirībā no ožas epitēlija neironiem, pēc dažu autoru novērojumiem (te gan nav vienprātības) VNO neironi atbild praktiski bez jebkādas adaptācijas. Šie autori izsaka pieņēmumu, ka tam var būt sekojoša nozīme:

1. Viena vienīga šūna var kodēt stimula intensitāti un kvalitāti, kas nav iespējams ožas epitēlijā.
2. Vāji bet pastāvīgi stimuli var būt daudz efektīvāki nekā stipri un pārejoši. Ožas epitēlija galvenais uzdevums ir reaģēt uz stimula novitāti.
3. Lai gan reakcija uz feromoniem pamatā izraisa aktivitātes palielināšanos neironos, tomēr iespējams, ka VNO neironiem ir zināma toniska aktivitāte un signālmehānisms šinī gadījumā ir aktivitātes samazināšanās noteiktu feromonu klātbūtnē.

VNO projicējas uz papildus ožas sīpolu, kas atšķirībā no galvenā ožas sīpola tālāk caur mandeļveidīgo kodolu projicējas hipotalāma dzimumcentros. Aksoniem nav mielīna apvalku. Aptuveni 70% no nervu terminālēm ir imunoreaktīvas pret luteinizējošā hormona liberīna antivielām.

Pārsteidzoši kā dzīvnieku valstī tik labi zināms un izpētīts orgāns nav guvis nekādu uzmanību pie cilvēka ne no anatomu ne fiziologu puses. Lai gan debates par tā nozīmi cilvēkam turpinās, tomēr ar vien vairāk un vairāk pieaug pierādījumi par tā funkcionalitāti. Pirmo reizi šo orgānu cilvēkam ir aprakstījis dāņu anatoms Ruysch, bet līdz pat mūsdienām tika uzskatīts, ka VNO pieaugušiem ir atrofisks un funkcionē tikai bērniem perinatālajā stadijā mātes smaržu atpazīšanai. Pēc pēdējo pētījumu rezultātiem šis orgāns ir skaidri identificējams 91% cilvēku.

Cilvēkam to var atrast kā divas mazas atveres 0.1 mm diametrā apmēram centimetru no nāšu atveres. Zem katras atveres ir akls cauruļveida dobums. Plastiskie ķirurgi bieži šo struktūru izgriež. VNO ir atrastas arī šūnas, kas morfoloģiski ļoti līdzīgas žurkas VNO receptoršūnām. Šī orgāna selektīvā jutība pret specifiskām feromonu tipa vielām cilvēkam tika parādīta elektrofizioloģiskos eksperimentos, kuros tika stimulēts VNO, ožas epitēlijs un elpceļu epitēlijs ar smaržvielām un feromoniem. Tika konstatēts ka divas sensorās sistēmas ir dažādi jutīgas pret testētām vielām: vielas, kas izsauc aktivitāti vienā sistēmā, neizraisa reakciju otrā. VNO stimulējošās vielas neizraisa apzinātas smaržas sajūtas. Turpretim tika konstatēts, ka dažas vielas izraisa izteiktas ādas elektriskās pretestības, ķermeņa temperatūras un smadzeņu elektriskās aktivitātes izmaiņas. Smaržvielas, kas iedarbojas uz ožas epitēliju tādas izmaiņas neizraisa. Interesantākais ir tas, ka šie efekti dažādām vielām ir dzimumspecifiski. Testēto steroīdu ķīmiskā formula pagaidām netiek izpausta, aizbildinoties ar komercnoslēpumu, ko glabā firma, kas finansējusi pētījumus. Paši atklājēji apgalvo, ka atklātās vielas nav seks-atraktanti, bet tomēr tām ir milzīga ietekme uz cilvēka emocionālo stāvokli. Jau pašreiz tiek rūpnieciski ražots sintētiskais steroīds (PDD), kura iesmidzināšana deguna dobumā neticami efektīvi izraisa vīriešiem relaksāciju un būtiski ietekmē steroīdhormonu līmeni asinīs. Ir izteikta interesanta hipotēze, ka sieviešu menstruācijas ciklu sinhronizācija, kas novērojama blakus dzīvojošām sievietēm, var būt panākta ar kādu smaržvielu, kuras efektu mediē VNO. Ir

konstatēta zināma saistība starp Kallmana sindromu un VNO attīstību. Ja feromonu līdzīgo vielu efekti cilvēkam tiks klīniski apstiprināti, šādiem aģentiem paredz plašu pielietojumu medicīnā, ārstējot sievietes premenstruālo sindromu un no dzimumhormoniem atkarīgās vēža formas.

### **Massera septālais orgāns**

Tā ir ožas epitēlija saliņa uz septas -struktūras kas nodala abas nāsis. Ieplūstošais gaiss šo ožas epitēlija saliņu sasniedz vēl pirms tas sasniedz galveno ožas epitēliju. Uzskata, ka šis orgāns var kalpot kā bīstamu vielu detektors, kas izsauc reflektoru reakciju pirms kaitīgā vielā paspēj sasniegt galveno ožas epitēliju. Massera septālā orgāna neironi difūzi projicējas uz ožas sīpolu.

Šis veidojums sevišķi labi ir attīstīts jūras cūciņām. Tā ekoloģiskā nozīme nav īsti skaidra.

### **Terminālā nerva sistēma**

Brīvie nervu gali inervē deguna dobuma gļotādas ārējo daļu. Neironu kodoli ir izkļiedēti sīku gangliju veidā nazālā septā un mediāli pret galveno ožas epitēliju.

Nesenā pagātnē šim nervam tika piedēvētas tikai veģetatīvās funkcijas - gan aferentās, gan eferentās. Tagad uzskata, ka šis nervs piedalās feromonu detektācijā un piedalās attiecīgo reproductīvās uzvedības reakciju ierosināšanā. Par to liecina arī tas, ka attiecīgie neironi satur luteinizējošo hormonu liberīnu. Zelta zivtiņai terminālā nerva elektriskā stimulācija izsauc spermas noplūdi. Savukārt kāmjiem šī nerva bojājuma gadījumā sperma vairs neizdalās.

Uzskatīja, ka terminālā nerva sistēma ir sevišķi svarīga dzīvniekiem, kuriem nav vai ir vāji attīstīts vomero-nazālais orgāns. Tomēr tiek iegūtas arvien vairāk liecības, ka abas šīs sistēmas var funkcionēt vienlaikus un neatkarīgi.

### **Trijzaru nerva sistēma.**

Šis nervs praktiski nodrošina nocicepciju. Brīvie nervu gali var reaģēt uz vielām, kurām nav ne smaržas ne garšas. Raksturīgais mediators ir substance P, kas ir galvenais mediators nociceptīvajā sistēmā.

### **Ožas imprintings**

Ožas imprintings ir sevišķi noturīga dzīves laikā iegūta īpaša ožas atmiņa, kurai ir divas galvenās pazīmes:

- 1) atmiņas formēšana notiek dabīgā, bioloģiski funkcionālā kontekstā
- 2) šis process notiek īpašā "uzņēmības periodā", kas sakrīt ar kādu nozīmīgu dzīvnieka attīstības fāzi vai fizioloģisko stāvokli.

Kaut arī šis ožas atmiņas mehānisms ir unikāls, tomēr nav pamata ticēt, ka zem tā slēpjas kādi ļoti īpaši neirāli mehānismi, kas būtu fundamentāli atšķirīgi no pārējiem sensorās apmācības procesiem.

### **Imprinting nobriedušos organismos**

*Peles.* Četras stundas pēc pārošanās mātīte iegūst ilglaicīgu, noturīgu tēviņa individuālo feromonu atmiņu. Ja peles mātīte nonāk saskarē ar cita tēviņa smaržām, tad grūtniecība tiek pārtraukta.

*Aitas.* Aitu māte iegaumē jēra smaržas 4-12 stundas ilgā periodā pēc dzimšanas. Ja jēru šinī laikā nošķir, tad māte savu jēru vairs neatpazīst.

### **Imprinting organisms, kas attīstās**

*Laši.* Divu gadu vecumā, kad laši izceļo jūrā tie iegūst imprintingu pret dzimšanas vietas ūdens ķīmisko sastāvu.

*Baltais sesks.* Izrāda pastiprinātu aktivitāti, saozot barības smaržu, ar kuru barojies tieši trīs mēnešu vecumā.

*Grauzēju mazuļi.* Pēc dzimšanas izveido ožas-taktilo sasaisti, kas stimulē zīšanu. Tāpat mazuļi iegaumē midzeņa smaržu un tālākā dzīvē dod priekšroku smaržām ar kurām sastapies dzīves pirmajās dienās.

### **Prenatālā ožas apmācība**

Jēdziens “imprinting” netiek lietots, jo ir grūti strikti asociēt ar noteiktu jūtīguma periodu.

*Truši.* Ja grūtniecības laikā trušu māti baro ar aromātisku barību, tad pēc dzimšanas mazuļiem novēro paaugstinātu interesi tieši par šo barības veidu.

*Vardes.* Ja varžu olās ievada aromātiskas vielas, kurkuļi un pēc metamorfozes mazās vardītes vēl joprojām vadās pēc šīm vielām kad izvēlas dzīves vietu.

Daudzos gadījumos imprintinga mehānismi pamatā ir līdzīgi asociatīvai apmācībai. Īpašiem mehānismiem jādarbojas, ja šādas tiešas asociācijas nav iespējamas: nav beznosacījuma kairinātāja nosacījuma refleksa veidošanās laikā. Piemēram, lašiem ūdens smarža, prenatāliem trušiem barība, kuru viņi nekad nav ēduši. Tātad beznosacījuma kairinātāju šinī gadījumā smadzenēm ir jāveido pašām. Interesanti, kā tiek izvēlētas tās vielas, pret kurām imprintings ir iespējams un pret kurām ne.

### **Hormonālā fona izmaiņas imprintinga uzņēmības periodā**

Ir zināms, ka zināmos apstākļos hormoni var būtiski ietekmēt nervu šūnu plastiskumu un stiprināt noteikta tipa sinaptiskās saites.

Aitām estradiols kopā ar progesteronu kombinēts ar mehānisko vaginālo stimulāciju paaugstina oksitocīna līmeni papildus ožas sīpolā. Eksperimentāli ir pierādīts, ka imprintings nevar notikt bez mehāniskā un hormonālā faktora līdzdalības.

Pelēm ir konstatēts, ka estrogēna klātbūtnē veidojas imprintings pret tēviņa smaržām, bet estradiols savukārt izraisa šo smaržu aizmiršanu.

Lašiem tiroīdhormoni veicina imprintingu, bet, atgriežoties uz nārstu, dzimumhormonu aktivitāte ir noteicošā, kas paaugstina jutīgumu pret imprintētām substancēm.

Ožas apmācības laikā sarežģīti hormonu kontrolēti procesi un strukturālas izmaiņas novērojamas ožas sīpolos.

Maz zināms par centrālo procesu nozīmi imprintingā, jo iespējams, ka svarīgākie procesi norisinās jau ožas sīpola līmenī. Ir zināms, ka mandeļveida kodolam ir zināma nozīme žurku imprintingā, turpretim ožas nosacījuma refleksu formēšanā tam nav lielas nozīmes.

### ***Kukaiņi***

Oža kukaiņiem ir augsti attīstīta. Tā palīdz meklēt barību, ūdeni, piemērotu dzīves vidi. Oža regulē tādas reakcijas un funkcijas kā trauksme, orientācija, aizsardzība, uzbrukums, pievilināšana, barības izsekošana. Oža tiek izmantota lai atpazītu sociālā statusa jeb kastu sistēmas marķerus, kā arī saimes piederību. Kukaiņiem uz ķermeņa ir daudz dažādu dziedzeru, kas izdala smaržvielas. Piemēram, bitēm ir zināmi 12, bet skudrām ap 20 dažādu dziedzeru. Tiek debatēts par to kā īsti veidojas saimei raksturīgā smarža, kas ļauj

atpazīt savus īpatņus un izraisa uzbrukuma reakciju pret svešiniekiem. Ir atšķirīgi viedokļi: vieni uzskata, ka noteicošā ir dziedzeru izdalīto smaržvielu sajaukuma attiecība. Viens no argumentiem, kas apšaubā šo teoriju ir tas, ka lidojuma laikā bites ķermenis sasilt izteikti nevienmērīgi, un proporcionāli temperatūras atšķirībām izmainīsies arī smaržvielu izgarošanas intensitāte no dziedzeriem, kas atrodas dažādās ķermeņa daļās. Ticamāks liekas uzskats, ka nevis precīza proporcija, bet gan konkrētu smaržvielu pārsvars jeb dominēšana ļauj iezīmēt un atšķirt vienas saimes īpatņus.

Liela nozīme kukaiņu uzvedībā ir feromoniem, kas nodrošina ķīmisko komunikāciju starp īpatņiem. Kukaiņiem kā feromoni parasti kalpo spirti vai aldehīdi ar 5-20 oglekļa atomiem ķēdē un molekulāro svaru 100-300 daltoni. Plaši pazīstams ir zīdtauriņu feromons bambikols. Zīdtauriņam ir apmēram 40 000 ožas receptoru, un pietiek tikai lai 0.1% no tiem tiktu aktivēts, ar bambikolu, lai izraisītu specifisku uzvedības reakciju. Katrai kukaiņu sugai var būt vairāki specifiski feromoni.

Ožas receptori atrodas ožas sensilās. Kā likums tās atrodas uz antenām, taču dažām sugām tās var būt uz citām ķermeņa daļām. Uz kukaiņu antenām parasti var izšķirt trīs dažādu morfoloģisku tipu sensilas: ožas, termoreceptīvās un mehanoreceptīvās. Uz katras antenas dažādu sensilu skaits var sasniegt pat 50 tūkstošus. Ožas sensilas raksturojas ar daudzām porām uz to virsmas. Poru diametrs ir 10nm un to skaits vienā sensilā var sasniegt 15 000. Katrā sensilā ir viena vai vairākas receptoršūnas. To izaugumi peld limfā, kura satur specializētas olbaltumvielas un tās jonu kompozīcija ir tāda, lai maksimāli efektīgi smaržvielas uz poru virsmas varētu adsorbēt un nogādāt līdz receptīviem apgabaliem. Feromonjūtīgām sensilām vēl papildus ir speciālas caurulītes, kas vienā galā atveras pret poru un otrā pret receptoršūnas membrānu. Informācija no šīm receptoršūnām tālāk tiek apstrādāta antenu ganglijos (antennal lobe) makroglomerulārajā kompleksā.

Pēc receptoru atbildes selektivitātes pakāpes receptorus iedala četros funkcionālos tipos:

1. Šauri speciālisti. Receptori, kas ir selektīvi jutīgi pret kādu konkrētu vielu (feromonu).
2. Grupu speciālisti. Receptori, kas gandrīz vienādi jutīgi pret dažādām vielām, kas pieder konkrētai ķīmisko vielu grupai. Šāda tipa receptori atrasti siseņiem un prusakiem.
3. Grupu ģenerālisti. Šie receptori arī ir jutīgi pret noteiktas ķīmiskas grupas vielām, bet receptoru atbilde pret katru no šīm vielām ir atšķirīga. Šādi receptori ir atrasti bitēm.
4. Plaši ģenerālisti. Šī tipa receptori atbild uz plaša spektra dažādām vielām. Atrasti tauriņiem.

Nav zināms vai visi četri receptoru tipi var eksistēt vienlaicīgi vienas sugas robežās.

### ***Interesanti fakti par dzīvnieku uzvedību saistībā ar ožas sistēmu***

Zivis. Vispārsteidzošākā ir lašu atgriešanās uz nārstu precīzi uz to upīti, kur katrs indivīds pats ir dzimis. Ir zināms, ka galvenā maņa, kas ļauj atrast savu "dzimto" vietu ir oža. Konkrētos mehānismus skaidro divas teorijas: smaržu hipotēze un feromonu hipotēze. Saskaņā ar smaržu hipotēzi laši saglabā atmiņā unikālo smaržu kompozīciju, kas raksturīga katrai upītei. Turpretim pēc feromonu hipotēzes lašu mazuļi, uzsākot ceļu uz jūru, izdala noteiktas populācijai raksturīgas feromonu tipa vielas. Ir zināms, ka dažas mākslīgās ķīmiskās vielas var dominēt veidojot šo specifisko ožas atmiņu jeb imprintingu. Viens no tādiem eksperimentos plaši izmantotiem aģentiem ir morfolīns.

Karpām un grunduļiem ir zināmas glābšanās reakcijas, kuras izraisa tā saucamās briesmu substances. Grunduļiem šī viela ir hipoksiamīn-3(N)-oksīds. Ādas bojājuma gadījumā šādas vielas nokļūst ūdenī no specializētām šūnām un kalpo kā trauksmes un glābšanās signāls citiem bara locekļiem.

Kā jau minēts iepriekš, zivīm ožas epitēlijā atrod receptoršūnas gan ar mikrovilām, gan ar cīlijām. To funkcijas var būt būtiski atšķirīgas. Interesanti, ka haizivīm ožas epitēlijā visas receptoršūnas ir tikai ar mikrobārktīņām un tās ir augsti jūtīgas pret ūdenī iekļuvušām asinīm. Vai var uzskatīt, ka asins smarža haizivīm kalpo kā feromonu signāls?

Abinieki un rāpuļi pēc ožas meklē ūdeni. Interesantu atklājuma izdarīja Heinz Breer ar kolēģiem Štutgartē. Viņu iecere bija raksturot gēnu evolucionāro attīstību zivīm abiniekiem un sauszemes mugurkaulniekiem. Par lielu pārsteigumi viņi konstatēja, ka konkrētai varžu sugai bija gēnu grupa, kas līdzīga zivīm un gēnu grupa, kas savukārt raksturīga sauszemes dzīvniekiem. Tika izvirzīta hipotēze, ka abiniekiem varētu būt duāla ožas sistēma – viena, kas funkcionē ūdens vidē un otra, kas darbojas uz sauszemes. Šo hipotēzi vēlāk apstiprināja arī anatomiskie pētījumi, kas parādīja, ka šai varžu sugai aiz katras nāss ir divi maisi, no kuriem viens visticamāk atveras vardei esot zem ūdens, bet otrs, kad varde iznāk uz sauszemes.

Putniem oža arī var būt augsti attīstīta. Piemēram, Jaunzēlandes kivi spēj saost tārpus, kas atrodas zem zemes. Interesanti, ka tuksnešos ap gāzu vadu noplūdēm pulcējas grifi (maitnieki). Viņus pievilina merkaptāna smarža. Strazdi pēc ožas savāc ligzdai tādas materiālus, kuru smaržas atbaida parazītus.

Cūku tēviņu feromoni ir ļoti līdzīgi sēņu trifēļu izdalītām vielām. Tāpēc nav nekāds pārsteigums, ka tieši cūkas izmanto šīs delikateses meklēšanai.

Zilonu pārošanās uzvedību regulē apokrīno dziedzeru izdalījumi, kas atrodas nekur citur kā acu rajonā.

Cilvēkiem steroid androstenons izraisa atšķirīgas smaržas sajūtas: viena trešdaļa cilvēku to uztver kā ļoti patīkama muska vai sandalkoka smaržu, otrai trešdaļai tas atgādina urīna smaržu, bet pārējie to vispār nesaož. Vienas olšūnas dvīņiem ir 100% sakritība, dizigotiskiem - 60%, kas liecina par ģenētisko determinētību.

Interesanti ir daži arheoloģiskie pētījumi. Pleziosauri, kas pārvietojušies zem ūdens, bet to garais kakls un galva bijusi virs ūdens, caur nāsīm nevis elpojuši, bet ostījuši ūdeni. To pierāda aprēķini, ka nāsu atveres šķērsgriezums ir daudzkārt par mazu, lai varētu elpot, kā arī hidrauliskie parametri vairāk atgādina zemūdens ožas sistēmu.

### ***Gāzu sensori - pretim mākslīgai ožai***

Mākslīgās ožas radīšana ir ļoti svarīga nozare, jo, piemēram, indīgu vielu momentāna detektācija un vielu noplūdes uzraudzība ir tikai pāris būtiskākās problēmas, kurām ir milzīga nozīme galvenokārt rūpniecībā un tās nevar apmierinošā līmenī risināt ar ķīmisko analīžu palīdzību, jo tas process ir pārāk lēns un darbietilpīgs. Arī suņu izmantošanas iespēja bieži vien ir stipri ierobežota.

Tātad ir nepieciešams gāzu sensors, kas kā pirkstu nospiedumu varētu diferencēt un atpazīt konkrētas vielas.

Japānā ir izgatavoti nehomogēnie sensori ožas tēla veidošanai ar polarizētas gaismas impulsa tehniku. Sistēmas būtība ir tāda, ka tiek izmantotas dažādu metālu puscaurspīdīgu filmiņu virkne un temperatūru joslas. Filmiņas ir uzklātas uz pusvadītāja, caur kuru plūst strāva. Gaismas impulss modificē pusvadītāja pretestību. Gaismas stara izraisītās elektriskās izmaiņas pusvadītājā būtiski ietekmē gāzu sastāva īpašās katalītiskās īpašības un absorbcijas parametri, kas savukārt nelineāri mainās līdz ar metālu īpašību un temperatūras izmaiņām. Gaismas stars tiek virzīts no punkta uz punktu kamēr pretestības izmaiņas ir pierakstītas no visiem plaknes punktiem, kuros ir atšķirīga temperatūra vai metāla filmiņas sastāvs. Tādējādi katra gāze varētu tikt atpazīta pēc sev raksturīgā aktivitātes šablona.

Diemžēl šī sistēma nav efektīga, analizējot gāzu maisījumus.

NATO konferencē “Sensori un sensorās sistēmas progresīviem robotiem” tika piedāvāta ļoti progresīva, jauna gāzu sensoru paaudze. Tie ir organiskie polimēri, kuriem piemīt vadītspēja. Ekspozīcija pret gāzveida vielām tajos izraisa vadītspējas izmaiņas, kuru laika profils ir specifisks dotai vielai. Dažādas gāzes ir viegli atšķiramas pēc to izraisītā vadītspējas profila izmaiņām. Pats svarīgākais, ka ir iespējams sintezēt praktiski neierobežotu skaitu dažādus šāda tipa polimērus, kuriem katram vadītspējas profilu izmaiņas uz vienām un tām pašām vielām ir atšķirīgas. Tas nozīmē, ka, kombinējot daudzu šādu polimēru atbildes šablonus, teorētiski varētu atpazīt neierobežotu skaitu dažādu vielu.