

ČUTILA

Čutnice povezujejo osrednje živčevje z notranjim in zunanjim okoljem

- V okolju se iz različnih teles širijo razne oblike energij, ki jih organizem izkoristi za sporočila.
- Tako lahko iz telesa izhajajo razline molekule, ki seširijo v okolje in sporočajo o nekaterih kemičnih lastnostih telesa.
- V okolju se zaradi medsebojnega delovanja energij in teles neprestano spreminjajo kemična, svetlobna, mehanska in druge energije, ki dajejo fizično podobo posameznim predmetom.
- Te energije lahko organizem prestreže s čutili, primerno obdela in porabi za sporočila, ki jih potrebuje za delovanje celotnega telesa.
- Na podlagi sporočil iz čutil si organizem organizira primerno vedenje, ki ga v določenih razmerah obvaruje pred hujšimi poškodbami.
- Celice, ki pretvarjajo energijo različnih dražljajev v vzburjenje: **čutilne celice (receptorske celice)**.
- Dve vrsti čutilnih celic.
- Obe vrsti sprejemata energijo dražljaja s svojimi specializiranimi sprejemnimi deli in ga pretvorita v vzburjenje.
- Med njima kljub temu razlika.
- **Primarne čutilne celice (primarne čutnice)**: razvile iz živčnih, imajo dolge izrastke, ki potekajo od obrobja telesa do osrednjega življenja. Sporočila v osrednji živčni sistem v celoti prenašajo same.
- **Sekundarne čutnice**: razvile iz posebnih kožnih celic, za prenos sporočil potrebujejo posrednike. Vloga: pretvarjanje dražljajev v tako obliko, ki je dovezna za druge živčne celice.
- Da organizmi lahko pretvarjajo energije dražljajev v vzburjenje, jih morajo najprej primerno pripraviti, tako da jih čutnice čim lažje sprejmejo.
- Čutnice so dovezne za samo eno vrsto energije.
- Najbolje je, da so čutnice zbrane na posebnih mestih, kjer tudi druge pomožne celice lahko prispevajo k prirejanju energije v primernejšo obliko.
- Čutilne in pomožne celice tako skupaj tvorijo primerno **čutilo**. Npr. oči, ušesa ...
- Tako je treba na primeren način prenesti zvočne signale iz zunanjega ušesa prek srednjega na tekočino v notranjem, kjer signali zatresejo čutnice v slušnem organu. Pretvorbo opravijo slušne koščice. → slušne koščice in drugi deli ušesa so pomožne strukture, ki pomagajo prirejati zvočne valove v čim primernejšo obliko, sprejemljivo za čutnice.

- V očeh so pomožne strukture roženica, leča, steklovina in pigmentne celice. → pomagajo pripraviti sliko, da jo čutnice čim uspešneje zaznajo in prenesejo sporočilo drugim živčnim celicam.
- Vzburjenje, ki nastane v sprejemnem delu čutnice, nima oblike akcijskega potenciala, ima različne velikosti.
- Čim močnejši je dražljaj, tem večja je sprememba potenciala.
- Potencial, ki nastane na sprejemnem delu čutne živčne celice, se imenuje receptorski potencial.
- Na začetku aksona primarne receptorske celice se spremeni v akcijske potenciale.
- Pri sekundarnih čutilnicah pa se na koncu čutilnic sprosti živčni prenašalec in vzburi naslednjo živčno celico v čutilni poti in šele ta tvori na svojem aksonu akcijske potenciale.
- Čim večji je dražljaj, tem večji je receptorski potencial, zato pa je tudi večje število akcijskih potencialov.
- Jakost dražljaja je kodirana s številom akcijskih potencialov v določenem času.
- Ni edino kodiranje; živčevje kodira tudi druge lastnosti dražljajev, tako da možgani ne dobivajo samo podatkov o jakosti, smeri in vrsti dražljaja, ampak prepoznajo tudi, iz katerega čutila so prišla sporočila.

Ena od temeljnih lastnosti čutilnih sistemov je, da se prilagajajo

- Če je dražljaj premočan, ga na različne načine skušajo zmanjšati, če je pa preslaboten, pa prilagodijo tako, da k čutilnim strukturam spustijo čim več dražilne energije.
- Temu procesu rečemo čutilna adaptacija.
- V čutilnem sistemu se prilagodijo skorajda vsi elementi, ki so vključeni v prenašanje sporočil. → pomožne strukture, same čutnice, živčne celice, čutilna srediča.
- Adaptacija je zelo pomembna.
- V srednjem ušesu se na bobnič pritrdi posebna mišica, ki ga napenja. Spada k pomožnim strukturam. Če bobnič bolj napne, je prenos zvočnih signalov boljši, če pa bobnič sprosti, je prenos slabši.
- Pri močnih zvokih torej mišica popusti.
- Podobno pri pomožnih strukturah v očeh. Tam so v mrežnici čutne celice - paličke in čepki, katerih sprejemni deli so vgreznjeni med posebne pigmentne celice. Te zaslanjajo svetlobo. Če je veliko, se bolj občutljive paličke skoraj popolnoma vgreznejo med pigmentne celice, čepki pa nanj, tako da svetloba dospe prvenstveno do čepkov. Pri slabi osvetlitvi se umaknejo iz območja pigmentnih celic tudi paličke. Poleg premikanja paličk in čepkov v mrežnici uravnava dotok svetlobe v oko tudi zenica.
- Kljub adaptaciji pomožnih struktur se prilagodijo tudi čutnice same.
- Če jih draži stalno enako velik dražljaj, je na začetku draženja odgovor celice vedno večji kot pa na koncu, ker se celica sčasoma prilagodi.

- Nekatere čutnice za dotik se prilagodijo zelo hitro, ker so njihovi občutljivi živčni končiči obdani s koncentrično razporejenimi membranami, ki poskrbijo za to, da se prenese na sprejemni del čutnice samo začetek in konec pritiska.
- Zato se zelo hitro navadimo na stalne pritiske, občutimo pa jih samo takrat, ko pride do spremembe. Npr. ne čutimo obleke.
- Druge čutnice, npr. za svetlobo, se prilagajajo izredno počasi.

Kemoreceptorji nas obveščajo o različnih snoveh zunaj in znotraj telesa

- **Kemoreceptorji** so receptorske celice, ki so občutljive na različne kemične snovi.
- Kemični čut ni pomemben samo za ugotavljanje zunanjih kemičnih dražljajev, ampak je važen tudi v notranjosti živčevja; številni kemoreceptorji v osrednjem živčevju (zlasti v hipotalamusu) zaznavajo spremembe v koncentraciji raznih hranilnih snovi v krvi in sodelujejo pri občutku lakote ter žeje.
- V aortnem loku in v vratnih utripalnicah so kemoreceptorji za kisik v krvi.
- Kemoreceptorji so torej: čutnice za okus, vonj, koncentracijo kisika, glukoze ... vse čutnice, ki jih vzburi različne kemične snovi.
- Receptorske celice za okus se nahajajo na vhodu v prebavni trakt.
- Na podlagi njihovih podatkov hrano, ki jo zaužijemo, okušamo.
- Pri človeku so okušalne čutnice sekundarne čutnice, zbrane v posebnih strukturah – **okušalni popki** ali **okušalne brbončice**.
- V njih je več 10 okušalnih čutnic, ki tvorijo sinapse z živčnimi celicami.
- Več okušalnih popkov tvori **okušalno bradavico (papilo)**.
- Okušalne bradavice različnih tipov so nameščene na različnih delih jezika.
- Imajo različno obliko – jih različno imenujemo. Nekatero so **nitaste**, druge **listaste**, tretje **gobaste**.
- V različnih vrstah bradavic prevladujejo različne vrste čutnih celic.
- Ker imajo v membrani različne receptorske molekule, povezane z različnimi kanali, jih vzdražijo različne kemične snovi.
- Kemoreceptorji v ustih: **okušalni receptorji**; zanje značilno, da jih vzdražijo kemične snovi, ki se raztapljajo v slini.
- Kemične snovi izhajajo iz različnih hranil, ki prek slin pridejo v stik s čutnicami v okušalnih popkih, ki so na različne načine vgrajeni v različnih brbončicah.
- Snovi se vežejo na receptorske molekule, ki vplivajo na kanale v celični membrani in s tem na električno napetost prek membrane čutne celice.

- Nekatere snovi (npr. natrijevi ioni) lahko neposredno vplivajo na električno napetost prek ustreznih kanalov v membrani.
- Na jeziku so le 4 osnovne vrste okušalnih celic; reagirajo na sladke, slane, kisle in grenke snovi.,
- Vsaka od teh vrst celic prevladuje na določenem delu jezika:
 - o Največ brbončic za sladki okus je na konici jezika.
 - o Za slan okus ob straneh, nekoliko spredaj.
 - o Za kisel okus ob straneh, nekoliko zadaj.
 - o Za grenak okus na korenu jezika.
- Vsaka od snovi v hrani ima svoje kemične lastnosti, zaradi katerih se najbolj vzdraži le ena vrsta teh čutnic, a kljub temu lahko delno vzdražijo tudi druge čutnice.
- Živčne impulze vodijo od okušalnih brbončic v podaljšano hrbtenjačo 3 možganski živci, od tod pa poskrbijo drugi živci, da pridejo sporočila do središč za zaznavo okusa.
- Če se zaradi različne vzburjenosti okušalnih receptorjev vzburijo tudi živčne celice v okušalnem središču v skorji velikih možganov, je vsak način vzburjenja pravzaprav podatek o različnem okusu.

- Receptorji za voh so precej bolj občutljivi kot za okus.
- So primarne čutnice. Prirejene so za zaznavanje hlapnih snovi v zraku, ki jih potegnemo skozi nosnice v nosno votlino.
- Vohamo veliko različnih snovi, precej več kot jih okusimo.
- Kljub temu nimamo toliko različnih čutnic, da bi bila vsaka specializirana za posebno snov.
- Specializirani sprejemni deli vohalnih čutnic so vgrajeni v sluznico na krpatih robovih nosne votline in v obliki čutilnih izrastkov molijo iz bunkastega dela vohalne čutnice.
- Na teh izrastkih so različne receptorske beljakovine, na katere se vežejo kemične snovi.
- Čutnice potem prek sitasto preluknjane kosti pripeljejo s svojimi dolgimi izrastki živčne impulze v osrednje živčevje.
- Pri vohanju različnih dišavnih snovi gre prav tako za kombinacijo različno vzburjenih čutnic kot pri okusu.
- Človeški voh je v primerjavi s številnimi živalskimi vrstami zelo slab.
- Kljub temu pa so vohalne čutnice bolj občutljive od okušalnih.
- Zato ne delujejo le pri odkrivanju različnih vonjav, temveč tudi pri okušanju različnih snovi.
- Če imamo ob prehladu vohalne receptorje zelo zalite z nabrekli sluznico, tudi okušamo precej slabše kot sicer.

Kožni čuti obveščajo možgane o zunanjem svetu in o koži sami

- V usnjici je veliko receptorskih celic za številne kožne čute (dotik, tlak, toplota ...).

- To so dražljaji, za katere so v glavnem občutljive primarne receptorske celice, ki imajo specializirane dendrite, prirejene za sprejemanje različnih mehanskih dražljajev.
- Okoli sprejemnih koncev dendritov imajo razvite posebne pomožne celice v obliki raznih ovojev.
- Ti imajo različno zgradbo, tako da z njimi lažje sprejemajo pritiske ali pa toplotne spremembe. → zaznavamo dotik, tlak, toploto, mraz.
- Kožni čuti nas torej obveščajo o zunanjem okolju, o spremembah na površini kože.
- Če konce dendritov ne ovijajo posebne membrane, ampak so prosti, jih imenujemo prosti živčni končiči. Ti po navadi odgovarjajo na kakršnekoli močne dražljaje. Občutek, ki ga posredujejo, pa nam da občutek bolečine.
- Primarne čutnice, ki zaznavajo različne kožne čute, imajo dolge aksone, ki so speljani po somatskih čutilnih vlaknih v osrednje živčevje, po njih pa potujejo sporočila v obliki živčnih impulzov.
- Sporočila se potem obdelujejo v primarni čutilni skorji v temenskem režnju velikih možganov.
- V tem delu skorje obstajajo živčne celice, ki zastopajo točno določen del kože na obrobju.
- Vsak del površine telesa torej zastopajo v različnih delih tako imenovanega primarnega središča za tip različne živčne celice.

Mehanoreceptorji v mišicah omogočajo mišični čut

- Mišični čut je sposobnost možganov, da prek čutil v mišicah natančno vedo, kje se mišice nahajajo in kaj počnejo, ne da bi bilo treba gledati nanje.
- V mišicah so posebni natezni receptorji, ki jih imenujemo mišična vretena.
- Naloga teh receptorjev je, da neprestano beležijo spremembe dolžine mišic, ko se te krčijo.
- Teh čutov se lahko zavedamo, če nanje začnemo misliti, a po navadi jih vrednotimo bolj podzavestno. Npr. hoja po stopnicah (ni nam treba gledati).
- Tudi iz mišičnih vreten in drugih mišičnih čutil prihajajo podatki v osrednji živčni sistem po somatskih čutilnih progah in prek talamusa dospejo do primarnega središča v temenskem režnju velikih možganov.
- Podobni mehanoreceptorji so tudi v kitah.

Mehanoreceptorji v notranjem ušesu zaznavajo različne mehanske dražljaje

- Na človeško telo deluje več vrst mehanskih dražljajev. Npr. zemeljska težnost, zračni delci z vseh strani, ki pritiskajo na telo ...
- Uporabljamo cel niz različnih mehanoreceptorjev, zbranih v **notranjem ušesu**.
 - o Eni občutljivi na hitre spremembe zračnega tlaka.
 - o Drugi na spremembo gibanja tekočine v notranjem ušesu.

- o Tretji na gravitacijo.
- Zato je notranje uho zapleteno zgrajeno, saj mora pripraviti dražljaje za vse tri skupine mehanoreceptorjev.
- Spremembo zračnega tlaka zaznavamo s slušnim organom.
- Vsako hitro premikanje nekega prožnega telesa povzroči vibracije media, v katerem je ta predmet.
- V primeru človeškega slušnega organa je medij zrak.
- Vibracije predmetov se prenesejo na zračne delce, prek katerih se vibriranje širi po prostoru.
- Občutek, ki ga vibracije medij vzbudijo v slušnem organu in v ustreznih delih živčevja, imenujemo **zvok**.
- Če predmet enakomerno zaniha, rečemo občutku, ki ga povzročijo taki nihaji, **ton** (nihanje, sestavljeno iz nihajev z eno samo frekvenco.)
- Le nekaj nihajnih frekvenc ima **zven**.
- **Pok** ima po navadi le nekaj nizkih frekvenc in nekaj zelo visokih.
- **Govor** je sestavljen iz **velikega števila frekvenc**. Enako tudi zvoki raznih glasbenih instrumentov.
- Pri tresenju se predmet premika sem ter tja. Ko zaniha sem, potiska delce pred sabo in jih tlači skupaj, ko zaniha tja in se odmika, pa jih potegne za sabo ter zazredči → **zgoščine in razredčine**.
- Zgoščene zračne molekule potem porivajo sosednje molekule, kjer se prav tako stlačijo v zgoščino, takoj za njimi pa se v to območje razširi razredčina zračnih delcev, zgoščina pa se pomakne naprej.
- Tako se po prostoru širijo hitre spremembe tlaka. → gre torej za hitro premikanje tlačnih sprememb v mediju.
- Slušni organ je zgrajen tako, da zvočna sporočila, ki so zajeta v tlačnih spremembah, uspešno prenese do čutilnih delov slušnega organa.
- Zato je uho sestavljeno iz 3 delov: **zunanjega ušesa, srednjega ušesa in notranjega ušesa**.
- Zunanje in srednje uho služita predvsem za to, da zbereta in ustrezno preneseta tlačne spremembe v notranje uho.
- **Zunanje uho**: uhelj in sluhovod, ki ga na koncu zapira bobnič.
- Ko zgoščina zračnega vala pritisne na bobnič, se ta vboči v votlino srednjega ušesa, takoj zatem pa ga razredčina potegne nazaj proti sluhovodu.
- Zato **bobnič** (mehka membrana) zaniha v ritmu zunanjih zgoščin in razredčin. Čim višja je frekvenca, hitreje zaniha.
- Bobnič prenese tresljaje na koščice, ki tvorijo most med zunanjim in notranjim ušesom, tako da se razpenjajo prek votline srednjega ušesa.
- **Tri slušne koščice**:

- o Kladivce; pritrjeno na bobnič in pritrjeno prek
- o nakovalca s
- o stremencem. To pa meji na eno od obeh odprtin, ki sta na vhodu v notranje uho.
- Ti dve odprtini imenujemo **okenci**. Nameščeni sta eno nad drugim in pokriti s prožnima membranama.
- Na membrano, ki prekriva zgornje okence, se naslanja stremence, membrana na spodnjem okencu pa se prosto upogiba v srednje uho.
- Vse tri slušne koščice delujejo kot sestavljen vzvod, ki prenese tresljaje (nihaje) na notranje uho.
- Na poti skozi zunanje in srednje uho se zvok še na več načinov mehansko okrepi. Okrepitev omogoči, da slušna sporočila iz zunanjega sveta zanesljivo pridejo do notranjega ušesa.
- V notranjem ušesu je posebna tekočina, ki se zatrese hkrati s tresenjem slušnih koščic.
- Tekočina napolnjuje cevaste votline, od katerih se ena imenuje **slušni polž**.
- Tresljaji tekočine potujejo po zgornji cevi polža najprej do konca, nato pa po spodnji cevi nazaj do spodnjega okenca.
- Med potovanjem po slušnem polžu se prenesejo na ustrezne čutne celice v notranjem ušesu, ki so vzdolž celotne dolžine med obema cevema.
- Sluhovod, srednje uho in notranje uho so pravzaprav votline v lobanjski kosti senčnici, pri čemer je sluhovod enostavna cev v kosti, srednje uho nekoliko večja enostavna votlina, povezana s posebno cevjo z žrelom, notranje uho pa sistem zvitih kanalov.
- Ti se iztezajo iz nekoliko večjega osrednjega prostora, ki je prek dveh okenc v kosti povezan z votlino srednjega ušesa.
- Ker so kanali zapleteno zviti, imenujemo njihov celoten sistem koščeni blodnjak.
- Eden od teh kanalov v notranjem ušesu, ki izhaja iz osrednjega prostora, se polžasto zavija in slepo konča v kosti → koščeni polž.
- Trije pa se polkrožno iztezajo iz osrednjega prostora in se zopet končujejo v njem → polkrožni kanali (so pravokotno nameščeni eden na drugega).
- V celotni notranjščini koščene labirinta se zavija na enak način tudi kožnato cevje, ki je nekoliko odmaknjeno od sten koščene labirinta.
- V osrednjem delu, iz katerega se iztezajo polkrožni kanali in polž, je kožnati labirint razširjen v dve mehurjasti tvorbi: mešiček, vrečka.
- Iz prve izhajajo kožnati polkrožni kanali, iz druge pa kožnati polž.
- Celoten sistem zavitih kanalov (koščeni in kožnati) je napolnjen s posebno tekočino.

- To lahko zatresejo visokofrekvenčni tresljaji zvoka ali pa nizkofrekvenčni premiki glave.
- Gre torej za 2 vrsti dražljajev, ki se prenesejo na ustrezne čutilne celice v notranjosti kožnatih kanalov.
- V polkrožnih kanalih kožnatega cevja so čutilne celice, ki zaznavajo premike tekočine, v polžu pa čutilne celice, ki zaznavajo zvok.
- Tako je v polkrožnih kanalih čut za ravnotežje, v polžu pa za sluh.

Sedež sluha je v kožnatem polžu

- Kožnati polž se vleče kot nekakšna zaprta cev po sredini koščenega polža skozi vse zavoje skoraj do vrha.
- V koščenega polža je vstavljen tako, da ga po celotni dolžini predeljuje na dve polovici.
- Zgornja polovica tvori en hodnik (**preddvorni kanal**), spodnja pa drugega (**bobnični kanal**).
- Če polža prerežemo povprek, opazimo, da je predeljen na 3 ločene hodnike.
- Osrednji hodnik tvori kožnati polž, zgornjega in spodnjega pa predeljeni koščeni polž.
- Zgornji in spodnji hodnik koščenega polža sta povezana na vrhu, kajti srednji kožnati hodnik ne sega čisto do konca koščenega polža in se že prej slepo konča.
- Kožnati polž je ločen od koščenega z membranskimi stenami, od katerih je spodnja dokaj ravna – **osnovna (bazilarna) membrana**.
- Na njej so v vzdolžnih vrstah nameščene čutnice z dlačicami – **slušne celice** → posebne vrste mehanoreceptorjev, ki jih zaradi dlačic imenujemo tudi **dlačne celice**.
- Celoten kožnati polž se polžasto zavija → polžasto se zavija tudi osnovna membrana in z njo vred vrste dlačnih celic, ki so v več redovih nanizane na osnovni membrani.
- Nad dlačnimi celicami štrli po celotni dolžini še ena membrana, ki dlačice prekriva → **krovna membrana**. Je precej bolj toga.
- Nanjo se pritrjujejo dlačice, ki štrlijo iz vrhnjih delov dlačnih celic.
- Vse skupaj s krovno membrano, dlačnimi celicami in osnovno membrano tvori polžasto zavito slušni organ → **Cortijev organ**.

Višine tonov zaznavamo na različnih mestih slušnega organa

- Ko se vibracije prenesejo iz slušnih koščic prek zgornjega okenca na tekočino notranjega ušesa, povzročijo nihanje tlaka v tekočini polža.
- Pri tem se tlačne spremembe, ki jih povzroči nihajne slušnih koščic, prenesejo na mehko osnovno membrano.
- Ko ta zaniha, zanihajo z njo vred tudi dlačne celice.

- Pri tem zanihajo tudi laski dlačnih celic, ki so pritrjeni na krovno membrano, in prek njih se dlačne celice vzburijo.
- Osnovna membrana zaniha samo na določenih mestih → katera mesta bodo najbolj zanihala, je odvisno od frekvence zvoka.
- Velikost zvočnih valov je odvisna od jakosti zvoka; močnejši zvočni valovi imajo višje amplitude valov, slabotnejši pa nižje.
- Zato močni zvoki zanihajo osnovno membrano bolj in se tudi dlačice bolj upogibajo.
- Tako zaznamo jakost zvoka na podlagi močnejšega ali šibkejšega nihanja slušnih dlačic.
- Pri zelo močnih slušnih dražljajih, kot so poki, se nekatere slušne dlačice lahko pretrgajo, kar privede v določenih frekvenčnih območjih do trajne izgube sluha.
- Dlačne celice so sekundarne čutilne celice, zato prek sinaps vzdražijo živčne celice, ki prenesejo vzburjenje v osrednji živčni sistem.
- Čutilni živec, po katerem pridejo sporočila v osrednje živčevje: slušni živec. → je veja enega od možganskih živcev.
- Slušna sporočila se obdelujejo v primarnem slušnem središču, ki je v skorji senčnega režnja v obeh poloblah velikih možganov.
- Težave s sluhom lahko nastanejo kjerkoli na slušni poti vse do sluhovoda pa do slušnega središča. → gluhost.
- Najpogostejša je delna gluhost ali naglušnost, ki je posledica bodisi ušesne bolezni propadanja slušnega organa zaradi staranja.
- Do okvar pride lahko na katerikoli strukturi, ki omogoča prevajanje vibracij iz zunanosti v notranje uho.
- Npr. zamašen sluhovod z ušesnim maslom, predrt bobnič ...
- Včasih so okvarjene krčljive strukture v zunanji vrsti dlačnih celic v slušnem organu → zanje značilno, da se njihove membrane krčijo, zlasti v tistem delu, kjer je velikost potujočega vala najvišja, in pomagajo nihati osnovno membrano.
- Pri nekaterih ljudeh se geni za izražanje krčljivih beljakovin, ki nihajo v teh celicah, ne izrazijo in osnovna membrana premalo zaniha, da bi se posamezni valovi med sabo razločili, zato taki ljudje ne slišijo.
- Včasih se pojavi gluhost tudi zaradi dolgotrajnega izpostavljanja glasnemu hrupu.
- Lahko pride do okvare slušnega živca (lahko ga okvarijo tudi prevelike količine nekaterih antibiotikov) ...
- Togost in širina osnovne membrane vzdolž polža se spreminjata, zato valovi niso enakomerni.
- V določenih predelih se nekateri valovi podušijo, v drugih pa ne.
- Visoki toni zanihajo začetni del osnovne membrane in do konca sploh ne pridejo, ker se že prej porušijo, nizki pa zanihajo končni del membrane, medtem ko mimo začetnega samo potujejo.
- Kje se bodo pojavili najvišji valovi na osnovni membrani, je odvisno od frekvence zvočnih valov. Na teh mestih se bodo tudi najbolj vzburile dlačne celice.

Organi za ravnotežje poročajo o statičnih in dinamičnih spremembah lege telesa

- Tako koščeni kot kožnati kanali so napolnjeni s **tekočino**, ki se pretaka v smeri, v kateri zasučemo glavo.
- Pretakanje je izrazito predvsem v kanalih kožnatega labirinta.
- Tekočina se pretaka le po polkrožnih kanalih, po polžasto zavitem pa ne, ker se ta slepo konča, z ostalimi deli labirinta pa je povezan le z zelo tanko cevko.
- Čim premaknemo telo oziroma glavo naprej, tekočina vztraja in pritisne na ustrezne čutne celice.
- Podobno vztraja gibanje tekočine tudi, če se po premikanju ustavimo, le da pritisne celice v obratni smeri.
- Na vhodu v vsak polkrožni kanal so majhne kamrice s posebnimi mehanoreceptorskimi celicami, ki imajo v čutilnem delu čutilne dlačice.
- Te so vgrajene v zdrizasto kupolo, ki moli prek kamrice in zapira vhod v kanal.
- Ko se tekočina premakne, pritisne na to kupolo, ta pa na čutilne dlačice in jih upogne.
- Upogib dlačic mehansko vpliva na posebne receptorske beljakovine, ki so hkrati tudi kanali v membrani čutilnih dlačic, posledice so spremembe električnega potenciala prek celične membrane.
- Vzburjenje, ki pri tem nastane, se prenese na eno od vej ravnotežnega živca.
- Ta nosi sporočila v male možgane, srednje možgane in v senčne režnje velikih možganov.
- Možgani te impulze vrednotijo kot začetek ali konec premikanja ter kot pospeševanje in zaviranje telesnega gibanja, ta sporočila pa uporabljajo za **neprestano vzpostavljanje ravnotežja** med hojo.
- Ker prihajajo podatki iz treh kanalov hkrati, lahko možgani izredno natančno prostorsko ocenijo smer in hitrost pospeška gibanja glave.
- Gre torej za zaznavanje dinamičnih sprememb,
- Čutnice z zdrizastimi kupolami vred, ki na vseh polkrožnih kanalih omogočajo zaznavanje dinamičnih sprememb v legi telesa, imenujemo **dinamični ravnotežni organ**.
- **Statični ravnotežni organi** ne delujejo na osnovi premikanja tekočine v polkrožnih kanalih notranjega ušesa, temveč na težnosti kristalov, ki pritiskajo na čutnice.
- Med polkrožnimi kanali in polžem se kožnati labirint razširi v mešiček in vrečko.
- Mešiček se nadaljuje v polkrožne kanale, vrečka pa v polža.
- Na straneh obeh vrečastih tvorb so posebni ravnotežni organi v obliki dveh lis, v njih so posebne čutnice, ki imajo tudi dlačice v notranjem

ušesu, le da so te dlačice ugreznjene v posebno želatinasto snov, ki kot kapa prekriva vse dlačne celice.

- V tej želatinasti snovi so kristali kalcijevega karbonata, ki želatinasto kapo obtežujejo.
- Ko nagnemo glavo, potegnejo kristali zaradi težnosti želatinasto kapo in pritisnejo na dlačice.
- To vpliva na receptorske molekule v membrani teh celic, posledica je vzburjenje.
- Tako te dlačne celice z vzburjenjem ne obveščajo možganov le o spremembi lege glave, temveč ves čas sporočajo tudi to, da je glava v drugi legi.
- Vzdrževanje drže telesa je zapleten proces, ki je odvisen od neprestanega dotoka sporočil o položaju telesa v možgane.
- Shranjevanje teh sporočil in neprestan dotok sporočil v možgane omogočata, da lahko telo neprestano opravlja spremembe drže z različnimi deli telesa, ki pomagajo ohranjati ravnotežje.
- Podatki o telesnem položaju prihajajo iz: oči, mehanoreceptorjev v koži, mišicah in sklepih, mehanoreceptorjev v mešičku in vrečki ter iz mehanoreceptorjev v 3 polkrožnih kanalih.

Okno izkorišča za nastanek slike optične lastnosti roženice in leče

- Za človeka najpomembnejši vid → z očmi prejemamo več kot **70% vseh sporočil**.
- Okno izkorišča za sporočila del elektromagnetnega valovanja, ki ga označujemo kot vidna svetloba.
- Svetlobni žarki, ki se odbijajo od različnih točk na predmetu, se širijo v različne smeri → nosijo v različne smeri tudi značilnost vsake točke na predmetu.
- Če hočemo rekonstruirati svetlobno sliko, moramo žarke, ki se širijo iz različnih točk na predmetu, ločiti in ponovno zbrati v ločenih točkah, tako kot so se odbili.
- Vstavimo med predmet, od katerega se žarki odbijajo, in neki zaslon lečo.
- Zaradi delovanja leče se žarki zopet pravilno zberejo na ločenih točkah na zaslonu, kjer tvorijo sliko predmeta.
- Na **zaokroženi roženici**, ki ima večjo optično gostoto kot zrak, se žarki lomijo (različno zaradi različnih kotov).
- Lomijo se tako, da se žarki, odbiti z ene točke predmeta, zberejo na drugi strani zopet v eni točki ...
- Kje na drugi strani se bodo zbrali žarki, tako da bodo tvorili sliko, je odvisno od lomne moči leče (velika – slika bliže).

- Najprimerneje bi bilo, da bi nastala slika na **mrežnici**, tam kjer so čutnice, občutljive na svetlobo. → lomna moč roženice preslaba – slika nastane za mrežnico.
- Zato je za porozno roženico še **bikonveksna leča**. Naloga: dokončno prirejanje lomne moči očesa, da slika nastane na ustreznem mestu.
- **Slika**, ki nastane na mrežnici, je **obrnjena** – možgani so prilagodljivi – vidijo pravo sliko.
- Ker prihajajo v oko žarki iz različno oddaljenih predmetov, se njihova slika tvori na različnih mestih:
 - o **Bližnjih predmetov za mrežnico**, zato je treba lomno moč leče nekoliko povečati – **leča se bolj ukrivi**.
 - o **Oddaljenih predmetov pred mrežnico**, zato se **leča splošči** (da nastane slika na mrežnici).
- To prilagajanje opravlja posebna **kožna mišica - ciliarnik**, ki obdaja lečo in je pod nadzorom avtonomnega živčevja.
- Nanjo je leča pripeta s posebnimi **pripenjalnimi vlakni**. Če se mišica skrči – popustijo, leča se še bolj ukrivi ...
- Ta proces prilagajanja leče imenujemo **akomodacija**.
- S starostjo leča nekoliko izgubi prožnost, zato si moramo pomagati z dodatnimi lečami v očalih.

Vstop svetlobe v oko uravnava optične strukture na vhodu

- Očesna leča je normalno **prozorna**.
- V določenih razmerah (npr. starost) lahko postane motna. Težave, ki nastanejo pri tem – **siva mrena**. Take spremembe so nepovratne, kajti beljakovine v leči se začnejo spreminjati in izgubljajo prožnost.
- Sprva siva mrena v razvoju ne ovira vida, sčasoma pa zamegli sliko. Včasih je prirojena, največkrat pridobljena (npr. posledica prebolelih rdečk v zgodnji nosečnosti, sladkorne bolezni ...)
- Slepota lahko nastane tudi zaradi prevelikega tlaka **očesne tekočine** v očesnem zrklu, ki okvari čutnice v mrežnici.
- Normalen tlak v notranjosti očesa je pomemben za vzdrževanje oblike zrkla.
- Težave s tlakom nastanejo zaradi zastoja očesne tekočine, ki sicer normalno odteka skozi poseben **odvodni kanal**, takoj ko se izloči.
- Tekočina pritiska na krvne žile, ki oskrbujejo **vidni živec**. Bolezen, ki na ta način okvari vid: **zelena mrena**.
- Pred očesno lečo se iz istega mišičnega nosilca, ki nosi pripenjalna vlakna za lečo, izteza tudi nekakšna kožna mišična guba, ki prekriva skrajne robove leče → šarenica (je obarvana).

- V sredini tvori šarenica okroglo odprtino – zenico, skozi katero prihaja svetloba v oko.
- V šarenici so žarkasto in krožno razporejena mišična vlakna → odprtina se spreminja (obilo svetlobe – manjša ...).
- Sferična aberacija: v oko prihajajo žarki iz obrobja (pri malo svetlobe), v tem delu leča nima več idealne lomnosti, začnejo se mešati med sabo tudi žarki, ki prihajajo iz sosednjih točk. Slika je zamegljena.
- Če je svetlobe dovolj, se zenica lahko bolj zapre, v oko pa prihajajo le žarki, ki preidejo skozi središčni del leče – lomnost idealna – slika ostra, globinska ostrina slike se poveča. → vidimo ostreje tudi predmete, ki so na različnih razdaljah v prostoru.

Prenos slik na mrežnico omogoča celotna zgradba očesa

- Da oko lahko tvori sliko na plasti, občutljivi na svetlobo, mora biti primerno oblikovano.
- Zelo primerna so okrogla očesa. Zato ne imenujemo očesa samo **očesno zrklo**, temveč tudi **očesno jabolko** – poudarimo okroglo obliko.
- Očesno zrklo je vsajeno v lobanjsko votlino – **očnica** – varnost + oprijemališča za očesne mišice (obračajo očesno zrklo v več smereh).
- Večina očesa je ugreznjena v maščobnem in vezivnem tkivu v očnici, navzven pa gleda samo **roženica**.
- Na zunanji strani mora biti površina prozorne roženice ves čas gladka. → tekočina, ki jo neprestano izloča **žleza solznica**, refleksno mežikanje vek pa jo razporeja po celotni površini roženice.
- **Žleza solznica** je v zgornjem zunanjem kotu očesne votline, solze pa odteka preko solznega kanala v notranjem očesnem kotu v nosno votlino.
- **Stena zrkla je zgrajena iz 3 plasti: beločnice, žilnice in mrežnice.**
- **Zunanja beločnica:**
 - o zelo trda,
 - o z notranjim tlakom tekočine ji dajeta okroglo obliko.
 - o Je iz čvrstega vezivnega tkiva, polnega kolagenskih vlaken.
 - o Na sprednjem delu očesa prehaja v prozorno roženico (rahlo izbočena naprej).
- Povrhnjica roženice se lahko poškoduje – UV žarki (iz sonca, varilnih aparatov), zunanja plast se odlušči in izpostavi živčne končiče (jih je polno v roženici) → zaradi tega se roženica zelo razboli, ne moremo več gledati – **snežna slepota**.
- Za roženico je plitek prekat, napolnjen s tekočino.
- V ozadju prekata je **šarenica**, ki se izteza kot krožna zaslonka iz stene zrkla in s prostim krožnim robom delno prekriva lečo (leži tik za njo).

- Šarenica je posebni del žilnice.
- **Žilnica:**
 - o Srednja plast očesa (tako pod beločnico).
 - o V njej veliko žil – oko oskrbujejo s hranilnimi snovmi in kisikom.
 - o V sprednjem delu očesa prehaja v nosilec za lečo in v šarenico.
- Skozi zenico, odprtino v sredini šarenice, pride svetloba v notranjost očesa.
- Za lečo je glavna votlina zrkla, napolnjena s **prozorno steklovino**, ki meji na najbolj notranjo plast očesnega zrkla.
- Z notranje strani obloga pretežen del očesnega zrkla mrežnica, skozi katero preseva žilnica.
- Mrežnica:
 - o Zapletena struktura živčnega tkiva, katerega del so tudi vidne čutnice.
 - o Te potrebujejo za svoje delovanje veliko kisika in sladkorja – pomembno, da so blizu žilnice.
- Očesno zrklo je pri nekaterih predolgo, pri drugih pa prekratko → težave z zaostritvijo slike:
 - o Če je predolgo po vzdolžni osi, se slika izostri pred mrežnico. V tem primeru lomni moči roženice in leče ne ustrezata, prilagodimo jo z dodatno razpršilno lečo pred roženico. → kratkovidnost.
 - o Če je očesno zrklo prekratko, je oko daljnovidno. Lomna moč roženice in leče je premajhna, slika, ki nastane za mrežnico, je zamegljena. Dodati moramo zbiralno lečo.

Vidne čutnice omogočajo pretvorbo svetlobnih signalov v električne

- V mrežnici sta 2 vrsti čutilnih celic.
- To so pravzaprav prirejene čutilne živčne celice, ki imajo zunanji del specializiran za sprejem svetlobe.
- Ene imajo daljše sprejemne dele in spominjajo na paličke – **paličke**.
- Druge imajo krajše sprejemne dele, spominjajo na čepe – **čepki**.
- Na sprejemnih delih njihovih membran so gosto vgrajene receptorske molekule, ki lovijo fotone kot nekakšne antene, s katerimi absorbirajo svetlobo.
- Te molekule imenujemo **vidni pigment – rodopsin**.
- Del molekule vidnega pigmenta nastane iz vitamina A (nujno potreben).
- Če je vitamina A premalo, je manj tudi molekul vidnega pigmenta in oko slabše vidi, zlasti pri nizkih jakostih svetlobe. → **kurja slepota**.
- Paličke daljše od čepkov, v njih več membrane v kateri so receptorske molekule. → bolj občutljive čutnice od čepkov.

- Ker se vidni pigmenti v različnih čepkih razlikujejo med seboj, absorbirajo svetlobe različnih valovnih dolžin.
- 3 osnovni tipi čepkov:
 - o V enih je vidni pigment, ki najbolj absorbira modro svetlobo.
 - o V drugih je vidni pigment, ki najbolj absorbira zeleno svetlobo.
 - o V tretjih je vidni pigment, ki najbolj absorbira rdečo svetlobo.
- Ključ za barvno gledanje je torej že v 3 vrstah različnih molekul vidnega pigmenta, ki se nahajajo vsaka v svojem čepku, zato obstajajo tudi 3 vrste čepkov, ki absorbirajo svetlobo iz različnih delov svetlobnega spektra.
- V vseh paličkah pa je samo ena vrsta vidnega pigmenta.

Iz različnih delov mrežnice se v možgane prenašajo že delno obdelana sporočila

- Št. čepkov narašča proti osrednjem delu mrežnice.
- Na zadnjem delu očesa, kjer je mrežnica ugreznjena v jamičasto tvorbo, imenovano rumena pega, pa jih je največ – v njej so pravzaprav samo čepki.
- Nekoliko stran so čepki in paličke pomešani.
- Če je dovolj svetlobe, se paličke pomaknejo stran od svetlobe in se zarinejo med celice z zaščitnim pigmentom → tako se zaščitijo pred svetlobo.
- Takrat gledamo pretežno s čepki; barvno.
- Če je svetlobe malo, se umaknejo čepki, svetlobi se izpostavijo paličke – takrat ne gledamo z rumeno pego, temveč bolj z obrobni deli očesa, ne vidimo zelo natančne slike, oko je bolj občutljivo.
- Pod vplivom absorbirane svetlobe se receptorske molekule za svetlobo vzburijo.
- Sporočilo v obliki električnih sprememb potuje potem od vidnih čutilnih celic prek drugih čutilnih živčnih celic v osrednji živčni sistem.
- Ene od teh živčnih celic tvorijo s svojimi aksoni **vidni živec**.
- Aksoni teh celic se zberejo na enem mestu na zadnji strani očesa in tam iz njega tudi izhajajo. Na tem mestu ni ne palčk ne čepkov.
- Če pade na to mesto svetloba, je ne vidimo. Od tod tudi ime – **slepa pega**.
- Sporočilo v obliki živčnih impulzov nosita iz oči v možgane vidna živca.
- V bližini hipofize se prekrížata in izmenjata del živčnih vlaken – vsaka polovica velikih možganov dobi sporočila iz obeh oces.

- Talamus razpošilja tudi vidna sporočila. → glavnino po živčnih izrastkih v vidno skorjo v zatilnem delu možganov. → **primarna vidna skorja** (tam se začnejo obdelovati različni vidiki slike).
- V enem delu primarne vidne skorje obdelujejo živčne celice barve, v drugem oblike, v tretjem različno oddaljenost, v četrtem gibanje.
- Vsi ti vidiki slike se potem obdelujejo še v višjih središčih, kjer se podatki sestavijo in kjer se vsega, kar se pojavi na mrežnici v obliki slike, zavedamo.

Prostorsko gledamo s pomočjo obeh oči in s pomočjo analize podatkov v posebnih delih vidne skorje

- Prostor, ki ga zaobjamemo z enim pogledom, imenujemo vidno polje.
- Podatki o njem potujejo po aksonih živčnih celic, ki tvorijo vidni živec, v obe polobli možganske skorje.
- Vsak del primarne vidne skorje v zatilnem področju tako sprejme podatke iz obeh očes, poleg tega pa še podatke, ki so na vsaki strani dostopni samo enemu očesu.
- Enaki sliki predmeta v obeh očesih nastaneta hkrati (za tisto, kar vidita obe očesi) → vidimo le eno, ker imata obe očesi na mrežnici mesti, ki natančno ustrezata eno drugemu.
- **Ustrezno mesto:** če pokrijemo eno oko z drugim, sta obe sliki natančno na enakih mestih.
- **Če pripotujejo v možgane podatki hkrati iz obeh ustreznih mest na mrežnici, bomo videli enotno sliko.**
- Kadar usmerimo pogled na neki primerno oddaljen predmet, bo nastala slika na mrežnicah v obeh očesih na enakem mestu v rumeni pegi.
- Za vse tiste predmete, ki so bliže ali bolj oddaljeni od predmeta, v katerega smo osredotočili pogled, pa razmere ne bodo enaki → slike teh predmetov bodo v vsaki mrežnici na drugem mestu.
- Če je predmet bliže, bo njegova slika nastala v desnem očesu desno od slike, v katero imamo osredotočen pogled, v levem pa levo. Tudi obratno (pri oddaljenih predmetih).
- Če torej nastanejo slike predmetov na različnih mestih v mrežnici, ocenijo možgani, da so ti predmeti bodisi dlje bodisi bliže točki, v katero smo uprli pogled.
- To ni edini način ... na osnovi velikosti in izkušenj ...