

SMYSLOVÉ orgány

primární (modifikované neurony)

sekundární (modifikované epiteliální buňky)

Interoreceptory (včetně proprioreceptorů)

Exteroreceptory

Mechanoreceptory

Volná nervová zakončení (bolest)

Hmatová tělíska

Postranní čára – kanálky ploutvovců a larev obojživelníků
s neuromasty

Rovnovážný a sluchový orgán

Vnitřní, střední a zevní ucho

Rovnovážný – váček diferencovaný v utriculus, sacculus a lagenu. Z utriculu 3 (2) polokružné chodby s ampulemi a ostrůvky sekundárních smyslových buněk. Endolymfa. Zrychlení – *macula utriculi a sacculi*, změna polohy hlavy – *cristae ampulares*.

Sluchový – protahovaná lagena (hlemýžď savců) – dvě komunikující chodby – Cortiho orgán

Nervosvalová a šlachová vřeténka

Chemoreceptory

Čich – primární, párové čichové jamky.

Přídatný (Jacobsonův) orgán – vjem pachů ze slin

Chuť – sekundární, chuťové pohárky, 4 podněty.

Fotoreceptory

Oko komorové, inverzní – 3 vrstvy. Rhodopsin

Termoreceptory

Elektroreceptory

Magnetoreceptory

SMYSLOVÉ orgány

– komunikace organismu obratlovce s vnějším i vnitřním prostředím

primární (modifikované neurony)

sekundární (modifikované epiteliální buňky)

Interoreceptory (včetně proprioreceptorů)

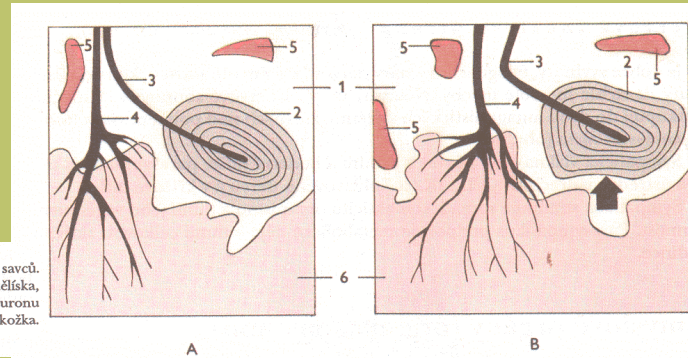
Exteroreceptory

Mechanoreceptory

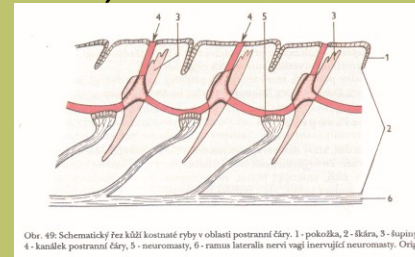
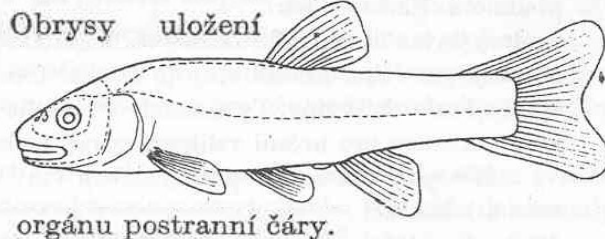
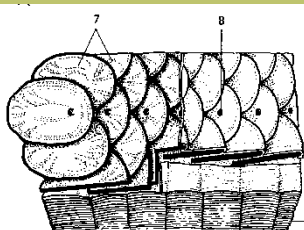
Volná nervová zakončení – nejjednodušší, v kůži (bolest)

Hmatová tělíska (Meissnerova, Vater-Paciniho, Herbstova, Merkelovy terčky se sekundárními smyslovými buňkami, senzitivní aparátů somatických a sinusových chlupů)

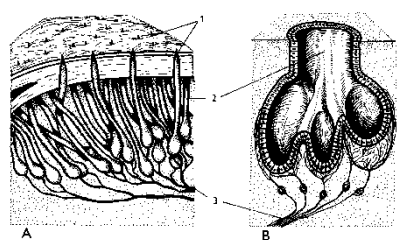
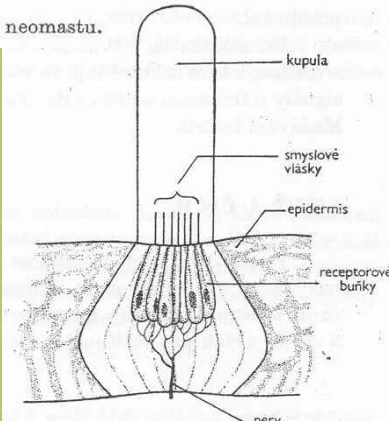
Proudový orgán – kanálky ploutvovců a larev obojživelníků s neuromasty (u ryb postranní čára)



Obr. 48: Vater-Paciniho smyslové tělísko jako příklad jednoduchého mechanoreceptoru z kůže savců. A - klidový stav, B - po deformaci, vyvolávající akční potenciál. 1 - kůže, 2 - lamely hmatového tělíska, u nichž směr deformace vyvolávající akční potenciál je znázorněn šipkou, 3 - dendrity neuronu napojeného na smyslové tělísko, 4 - volná nervová zakončení v kůži, 5 - krevní cévy kůže, 6 - pokožka. Upraveno podle Schädého, 1969.



Struktura neuomastu.



Modifikované neuromasty – elektroreceptory paryb a ryb (**Lorenziniho ampuly** příčnoústých)

Rovnovážný a sluchový orgán

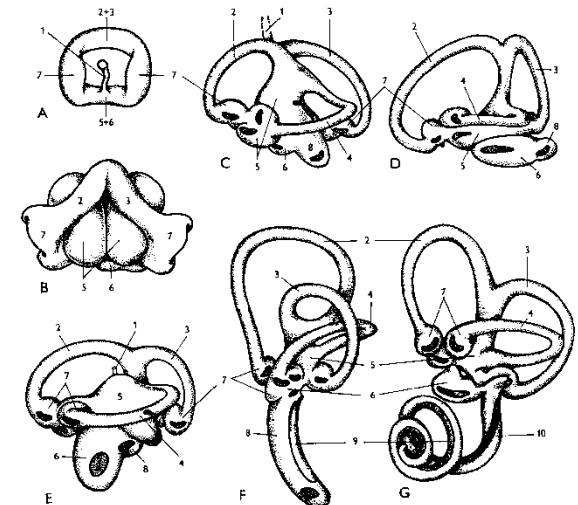
Vnitřní, střední (od obojživelníků)
a zevní ucho (od plazů)

Rovnovážný – váček diferencovaný

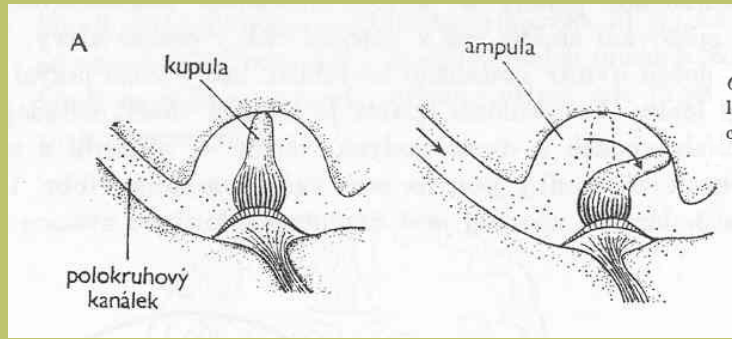
v utriculus, sacculus a lagenu.

Z utriculu 3 (2,1) polokružné chodby
s ampulemi a ostrůvky sekundárních
smyslových buněk – *cristae ampulares*.

Endolymfa. Zrychlení a otáčivé pohyby
hlavy.



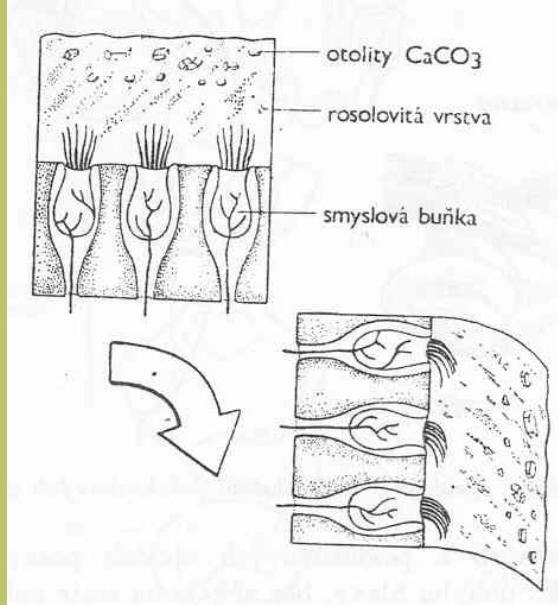
Obr. 34 Blanitý labyrint vnitřního ucha. A – sliznatky (Mysxinoidea), B – mihule (Petromyzontida), C – pa-
ryby (Chondrichthyes), D – paprskoploutvé ryby (Actinopterygii), E – bezocasí obojživelníci (Anura),
F – ptáci (Aves), G – savci (Mammalia). 1 – ductus endolymphaticus, 2 – přechod, 3 – zadní a 4 – po-
stranní polokružná chodba, 5 – utriculus, 6 – sacculus, 7 – ampule polokružných chodeb, 8 – lagena,
9 – papilla basilaris, resp. Cortiho orgán, 10 – hlemýžď (cochlea). Oblasti se smyslovými buňkami (ma-
culae) jsou ohraničeny a vytečkovány.



Obr. 195. A – Kupula v po-
lokruhové chodbě. B – Re-
ceptory v utrikulu a sakulu.

Změna polohy hlavy

– *macula utriculi a sacculi, m. neglecta*
(ryby, obojživelníci) s rosolovitou vrstvou
s drobnými statokoniemi (velkými otolity
paprskoploutvých ryb).



Sluchový – protahovaná **lagena** (od obojživelníků, dlouhý slepý kanál – plazi, ptáci, spirálovitě stočený blanitý hlemýžď savců).

Hlemýžď se smyslovými buňkami (vláskovité b.) → základ Cortiho orgánu pro vnímání zvukových vibrací (*macula lagenae* zaniká). Závěs blanitého hlemýžďe v kostěném – rozdělení na dvě chodby: - dorzální (předsíňovou)
- ventrální (bubínkovou).

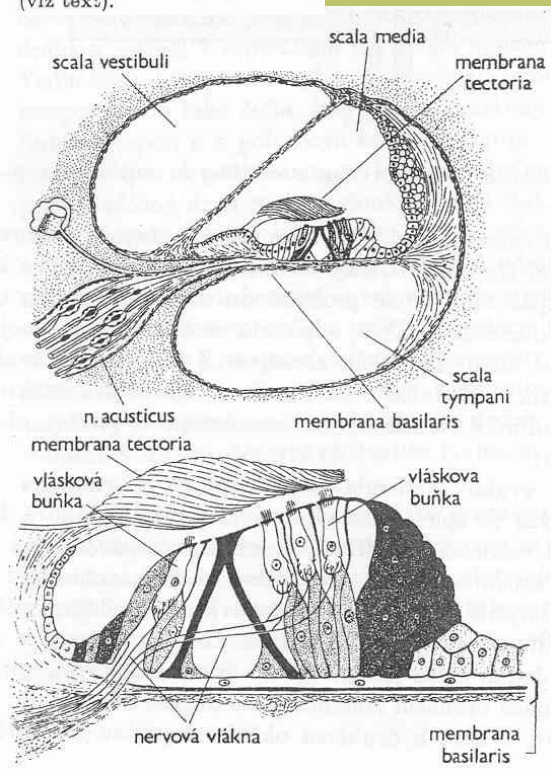
Obě chodby komunikují se středoušní dutinou u bazálního závitů: chodba předsíňová (*scala vestibuli*) **oválným okénkem** a chodba bubínková (*scala tympani*) **kruhovým okénkem**

hlemýžďovým. Na vrcholu hlemýžďe – spojení chodeb otvůrkem (*helicotrema*), který vyrovnává vibrace perilymfy. Do předsíňového okénka zapadá **kolumela (třmínek)** – přenos vibrací ze sluchových kůstek na perilymfu v předsíňové chodbě.

Nestlačitelnost perilymfy přenáší kmitání až na bubínek hlemýžďového okénka k vyrovnávání tlaků. Kmitání perilymfy rozechvívá určitý úsek *m. tectoria*, která dotykem dráždí sluchové buňky.

Tvar hlemýžďe – na příčném řezu trojúhelníkovitý. Strop - *membrana vestibularis (Reisneri)* – odděluje ho od předsíňové chodby. Dno s Cortiho orgánem – *membrana basilaris* odděluje ho od chodby bubínkové.

Obr. 209. Průřez vnitřním uchem (nahore). Dole detail uložení smyslových vláskových buněk. (Tyto spolu s podpůrnými strukturami tvoří tzv. Cortiho orgán.) Horní (*scala vestibuli*) a dolní kanálek (*scala tympani*) jsou vyplněny perilymfou; mezi nimi je *scala media* vyplněná endolymfou. Na obrázku se vlásky smyslových buněk nedotýkají krycí membrány, ve skutečnosti jsou však k ní těsně připojeny (viz text).



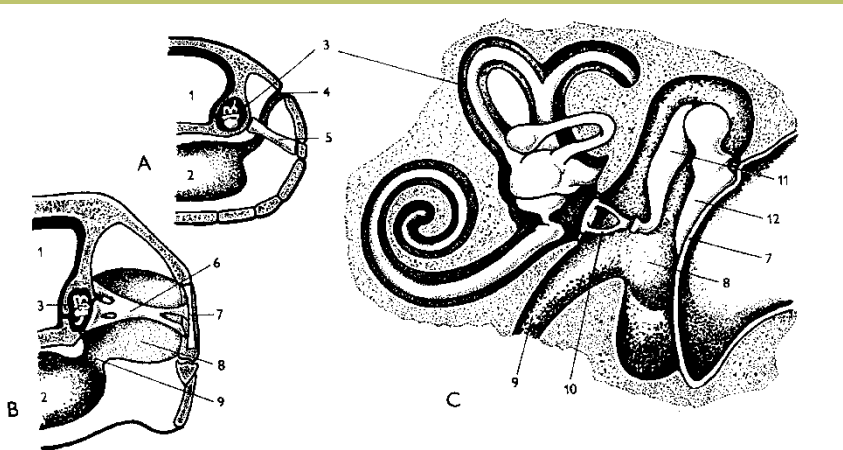
Vývoj středoušní dutiny ze spirakula,
sluchových kůstek z žaberního aparátu.

Kolumela (*columella*) – jediná sluchová kůstka u většiny
obojživelníků, plazů a ptáků

→ u savců změna v **třmínek (*stapes*)** – zapadá do

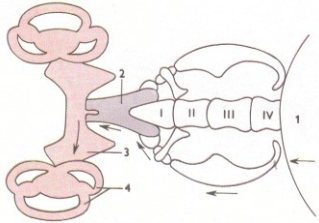
předsíňového okénka. Na něj se napojuje
kovadlinka (*incus*) a nejlaterálnější
kladívko (*malleus*) naléhá na **bubínek**,
který odděluje středoušní dutinu od
zevního ucha.

Spojení dutiny středního ucha
s trávicí trubicí (Eustachova trubice)



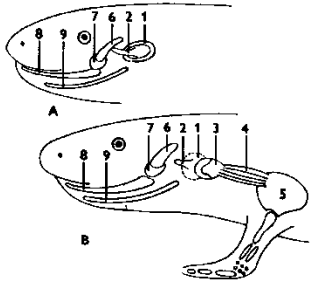
Obr. 36 Schéma vývoje středního ucha ve vztahu k vnitřnímu uchu. A – vodní čelistnatci, B – plazi, C – savci. 1 – mozkovna, 2 – hltan, 3 – kostěný labyrint, 4 – *spiraculum*, 5 – *hyomandibulare*, 6 – *columella*, 7 – bubínková blána, 8 – bubínková dutina, 9 – Eustachova trubice, 10 – *stapes*, 11 – *incus*, 12 – *malleus*.

Zevní ucho: chrupavčitý boltec + zevní zvukovod (končí u bubínku)
(rozdílná délka – krátký – někteří plazi, ptáci). Rozdíly v kvalitě sluchu
– dobře savci, ptáci, slaběji plazi a obojživelníci
(lidské ucho: 16 – 20 000 Hz, ultrazvuk [až 175 000 Hz] slyší někteří
obratlovci jako letouni a kytovci [i hmyzožravci!] pro orientaci).



Obr. 56: Schéma Weberova aparátu kaprovitých ryb. I až IV - první čtyři modifikované obratle, 1 - stěna plynového měchýře, 2 - perilymfatický vak vnitřního ucha, 3 - endolymfatický vak vnitřního ucha, 4 - polokružné chodby blanitého labyrintu. Šípky znázorňují směr šíření vibrací. Podle Romera, 1971.

Ryby - zvláštní systém (kaldné vody): zvuky pomocí kloubů a svalů na plynovém měchýři, vjemy na *macula sacculi*. Přenos z rezonujícího plynového měchýře na perilymfu – Weberův aparát (u různých skupin) – modifikace prvních obratlů a žeber, spojující okénko perilymfatického prostoru a plynového měchýře. Ryby bez: až 600 Hz, s Weberovým aparátem: až 7 000 Hz (např. kaprovité).



Obr. 55: Schéma znázorňující přenos vibrací u larvy (A) a dospělých obojživelníků (B) na perilymfu vnitřního ucha. 1 - předsíňové okénko, 2 - plectrum, 3 - operculum, 4 - m. opercularis, 5 - lopatka a přední končetinová, 6 - squamosum, 7 - quadratum, 8 - dentale, 9 - hyoideum. Upraveno podle Romera, 1971.

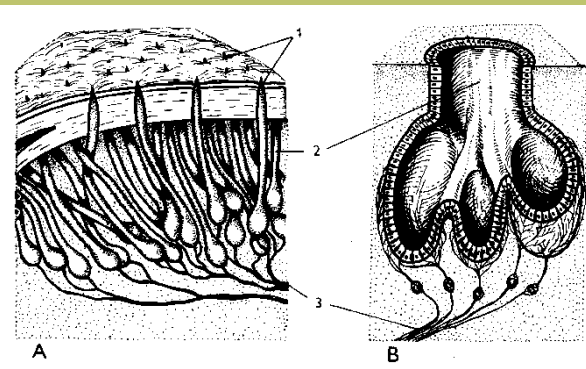
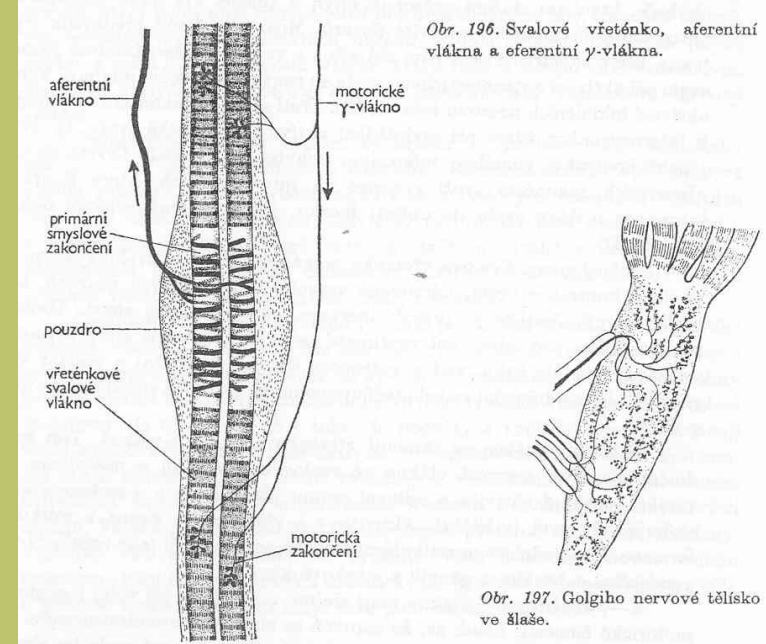
Ocasatí obojživelníci: specializovaný převodní systém, redukce středoušní dutiny a bubínku, někdy i kolumely → nahrazena plochým operkulem (*operculum*)
 Larvy: přenos chvění ze spánkové kosti pomocí plektra (*plectrum*) – zapadá do okénka perilymfatického prostoru
 Dospělci suchozemští: registrace otřesů půdy přes přední končetinu, lopatkové pásmo je spojeno rezonančním svalem (*musculus opercularis*) s operculem zapadajícím do předsíňového okénka. Samotná smyslová papila (*macula amphibiorum*) v sakulu.

Rovnovážný aparát vnitřního ucha je vyvinut u všech obratlovců, sluchový (akustický orgán) pouze u suchozemských obratlovců. Střední ucho od obojživelníků, vnější ucho u Amniot.

Nervosvalová a šlachová vřeténka

Interoreceptory

Svalové vřeténko vnímá jak pasivní natažení svalu (aferentní nervová zakončení), tak i stah svalu (γ -vlákna), šlachové vřeténko natažení šlachy při kontrakci svalu.



Elektroreceptory

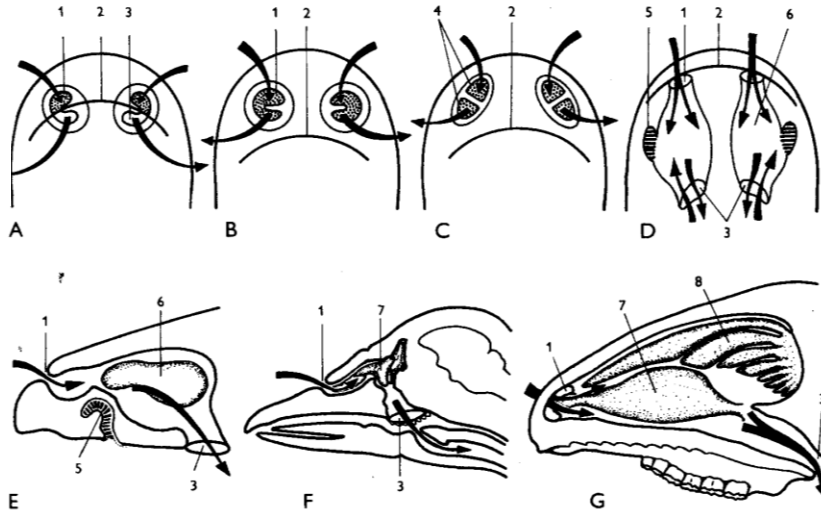
– vodní obratlovci v kůži (pozměněné neuromasty – viz dříve, Lorenziniho ampuly příčnoústých)

Termoreceptory

– Krauseho (chlad) a Ruffiniho (teplo) tělíska v kůži.
Citlivý infrasenzor chřestýšů a hroznýšů (rozdíl 0,003 °C), případně upírů na bázi volného zakončení v kůži.

Magnetoreceptory – speciální recepce magnetického pole (mořské želvy, tažní ptáci, někteří vodní a podzemní savci)

Obr. 32 Schematické znázornění nozder a čichových dutin některých obratlovců. A –hypotetický vznik vnitřních nozder u svaloplooutvých (Sarcopterygii), B – paryby (Chondrichthyes), C – paprskoplouté ryby (Actinopterygii), D – žáby (Anura), E – šupinatí (Squamata), F – ptáci (Aves), G – savci (Mammalia). 1 – vnější nozdra, 2 – okraj úst, 3 – vnitřní nozdra, 4 – dvě vnější nozdry, 5 – Jacobsonův orgán, 6 – nosní dutina, 7 – nosní skořepa, 8 – čichové bludiště (*ethmoturbinalia*). Šipky znázorňují vdechovaný proud vody nebo vzduchu.



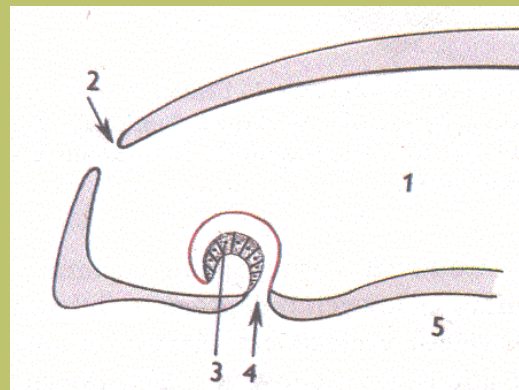
Chemoreceptory

Čich – primární,

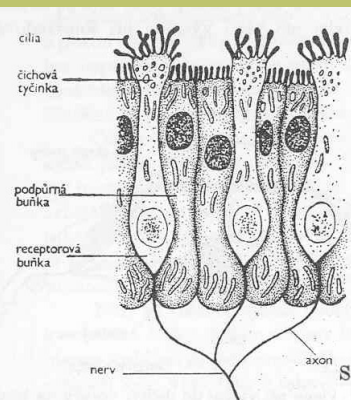
nepárové (mihule) a párové čichové jamky.

Přídavný (Jacobsonův) orgán

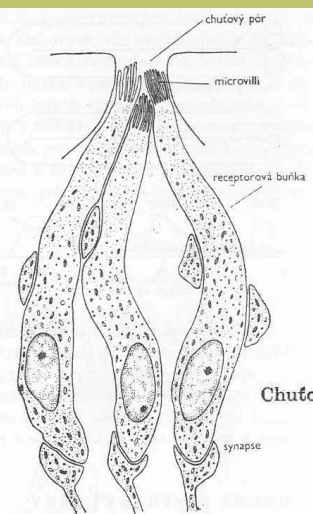
– vjem pachů ze slin (obojživelníci, šupinatí plazi a někteří savci (flémování), chybí želvám, krokodýlům, ptákům a některým savcům)



Obr. 59: Schéma sagitálního řezu nosní dutinou ještěrky s vomeronazálním orgánem. 1 - nosní dutina, 2 - nozdra, 3 - smyslové epitel vomeronazálního orgánu, 4 - ductus nasopalatinus, 5 - dutina ústní. Zjednodušeno podle Grassého, 1954.



Skladba čichového epitelu.



Chuťový pohárek v jazyku.

Chuť – sekundární,

chuťové pohárky, 4 podněty.

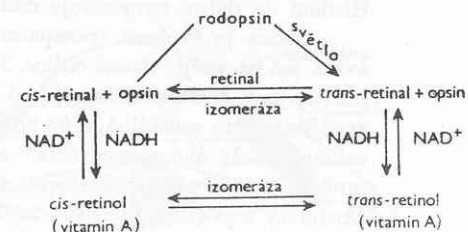
Fotoreceptory

Oko komorové, inverzní

– 3 vrstvy (smyslové, bipolární a gliové).

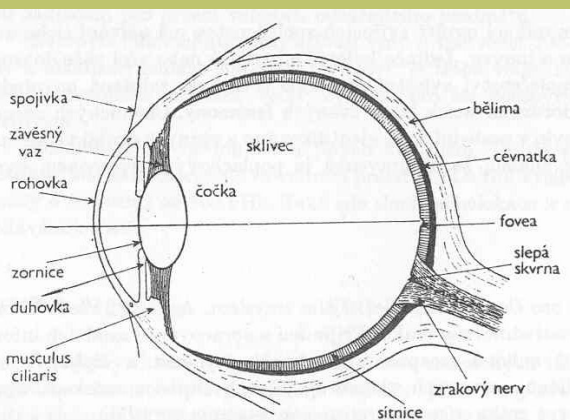
Rhodopsin (tyčinky) a iodopsin (čípky):

transformace světelného záření na elektrickou energii vzruchu.



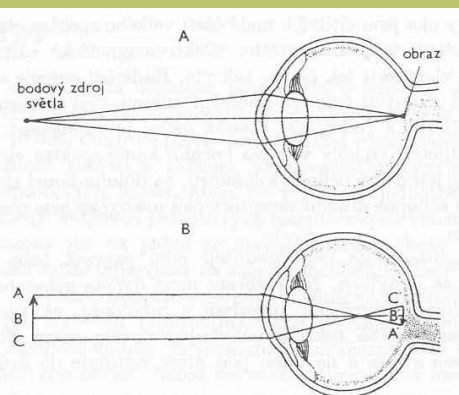
Obr. 222. Schéma eyklu rozpadu a syntézy rodopsinu.

Temnostní živočichové:



Obr. 216. Diagram průřezu lidským okem.

- redukce očí (některé ryby, macarát, slepec, krtek)
- teleskopické oko s konvexně vyklenulou rohovkou a válcovitým bulbem (sovy), případně přídatnou sítnicí (hlubinné ryby)
- další vrstva buněk (*tapetum lucidum*) se zrny guaninu mezi pigmentovanou sítnicí a cévnatkou, odrážející prošlé světelné paprsky zpět na fotoreceptory → zesílení zrakového vjemu ("svícení" očí).



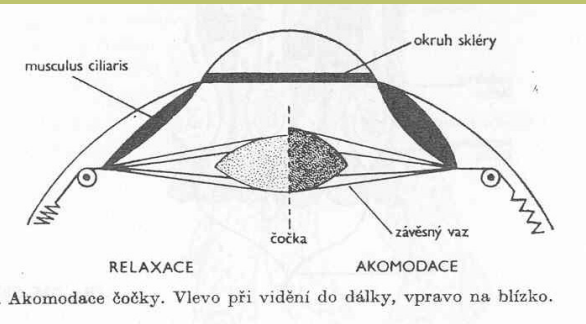
Dioptrický aparát oka – (rohovka, čočka, sklivec, komorový mok) usměrňuje paprsky, doostřuje obraz (akomodace).

Pomocný aparát oka: svaly pro pohyb oční koule

Oko kostnatých ryb – zaostřeno na krátkou vzdálenost,
na dálku – posun kulovité čočky po optické ose k sítnici.

Oko paryb, obojživelníků a amniot – zaostřeno na dálku, vidění na blízko:

- přitažení čočky k rohovce (žraloci, obojživelníci, hadi)
- změna tvaru čočky (amniota bez hadů)
- plazi a ptáci: přímý tlak smrštěného řasnatého tělesa na obvod čočky. Zpět: vlastní elastičností
- savci: stah řasnatého tělesa uvolňuje tah závěsného aparátu, čočka se přirozenou pružností vyklene. Zpět: po ochabnutí řasnatého tělesa tah závěsného aparátu



Ochrana očí – víčka (2 – horní a dolní, + 3. mžurka), slzné žlázy
(+ mazové i pachové)

Nepárové temenní oko

(primitivní formy – mihule, haterie, někteří ještěři) – nikdy plný vývoj