

Smyslové orgány



Kryštof Horák

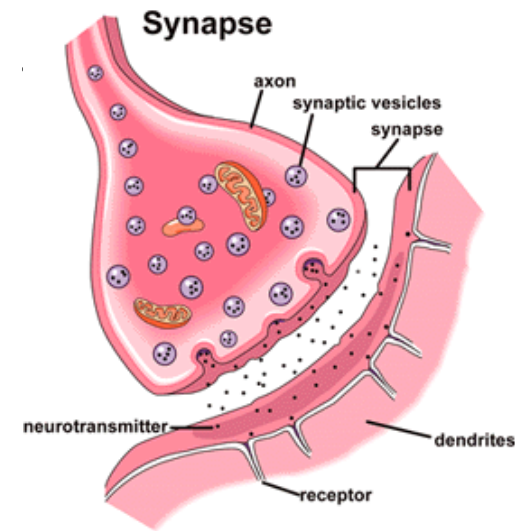
Bi7870 Evoluce bezobratlých pro pokročilé

19. 12. 2018

- každá buňka přijímá podněty z okolního prostředí
- u mnohobuněčných (Eumetazoa) vyvinuty smyslové buňky – jednotlivě x v orgánech
- součást nervové soustavy
- synapse – mezerové spoje ("gap junctions") umožňují difúzi malých molekul a přímý přenos nervových vzruchů
- většinou deriváty **ektodermu** (vyjma proprioreceptorů)

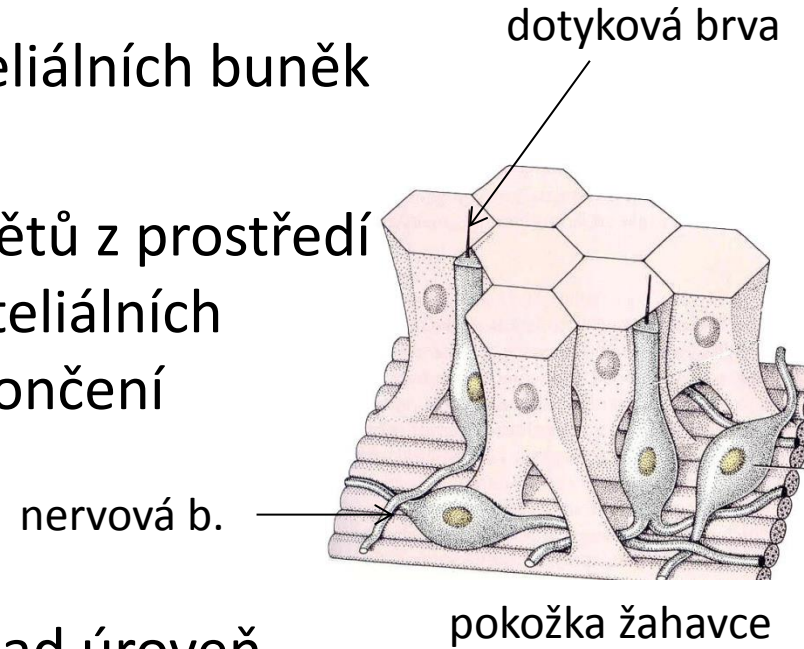
typy receptorů:

- taktilní (mechanoreceptory), georeceptory, chemoreceptory, phonoreceptory, fotoreceptory



taktilní receptory (mechanoreceptory)

- nejjednodušší - reagují na dotyk, vibrace či tlak
- na povrchu těla, vznikly modifikací epiteliálních buněk epidermis
- všichni mnohobuněční: registrace podnětů z prostředí prostřednictvím nediferencovaných epiteliálních buněk případně volných nervových zakončení (vnímání bolesti)



dotykové (smyslové) brvy

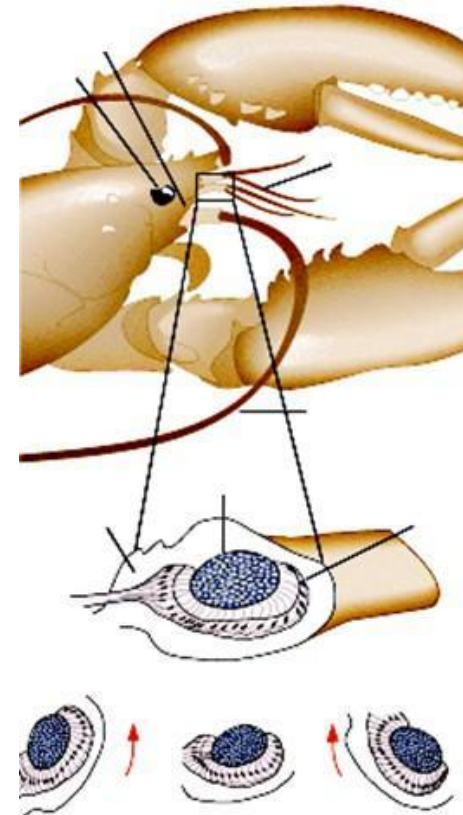
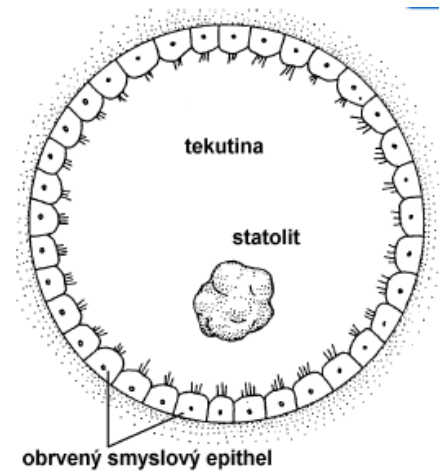
- tenké elastické výběžky, které vyčníhají nad úroveň povrchu okolních epiteliálních buněk nejprimitivnější se vyskytují u polypových typů žahavců.
- u živočichů s pevnou kutikulou se vyvinuly speciální taktilní orgány v podobě dlouhých **tykadel** (např. u členovců)



georeceptory

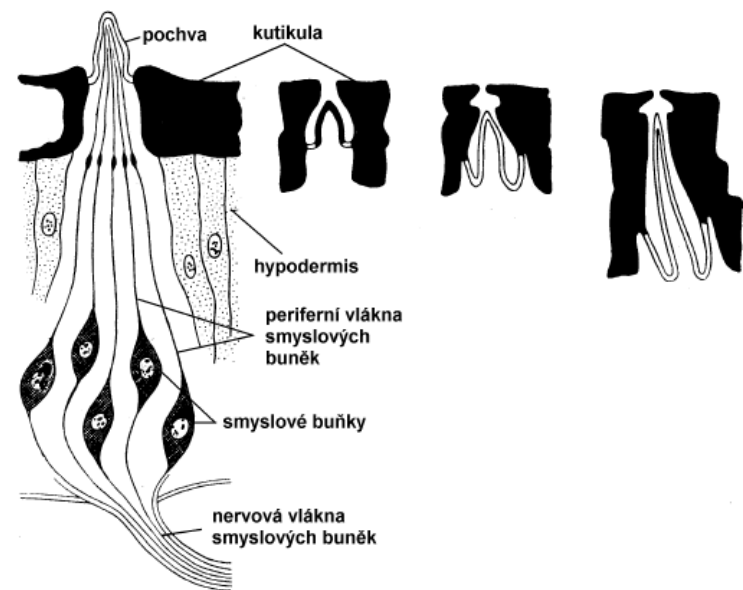
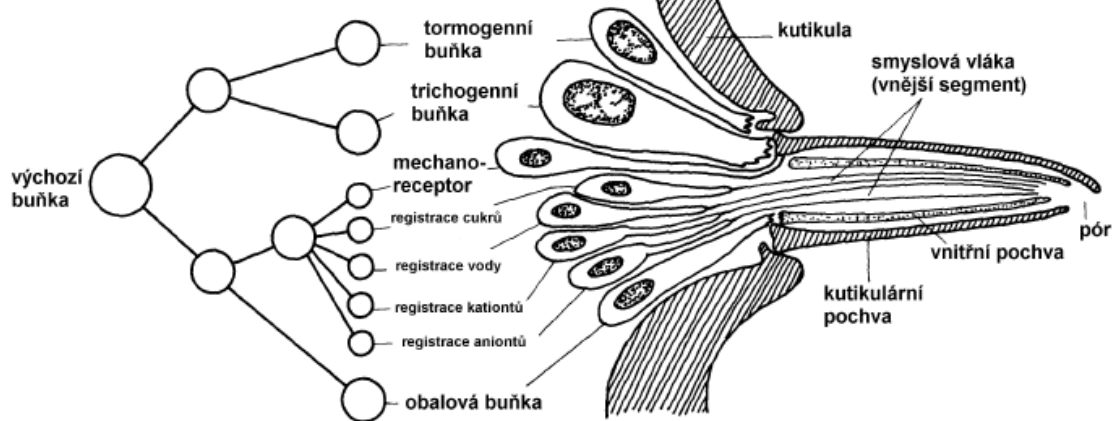
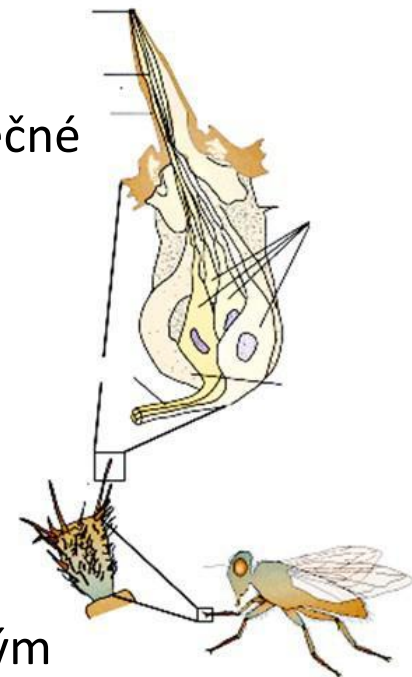
= “rovnovážné orgány”, **statocysty**.

- dutina má stěny s obrveným smyslovým epitelem citlivým na dotyk či tlak a je vyplněna tekutinou (někdy okolní tekutina)
- **statolit**: zrnko tvořené anorganickými substancemi (někdy zrnka písku)
- irituje vlivem gravitace povrch obrveného epitelu
- vzácně inverzní princip – místo statolitu vzduchová bublina (některý vodní hmyz)



chemoreceptory

- chemorecepce je běžná, založena na obecných vlastnostech buněčné protoplasmu.
- většinou vyvinuty speciální chemoreceptory
- u členovců jsou chemoreceptory soustředěny do podoby dutých chlupovitých výběžků – **sensill**
- ty se sestávají z jednoho, či více smyslových vláken, v ochranné pochvě se speciální tekutinou
- chemické podněty (např. čichové, chuťové) pronikají ke smyslovým vláknům soustavou pórů (u hmyzu může být v každém chlupu až 15 tisíc pórů!)
- často na tykadlech
- tendence k zanořování

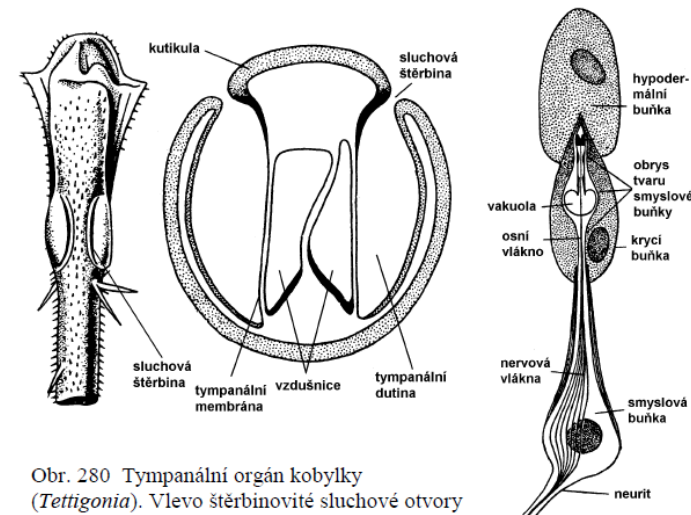


phonoreceptory

- vnímání zvukových vln mechanoreceptory, nebo speciální orgány
- **tympanální orgány** - dutiny otevírající se stěnami s elastickou vazivovou blánou, ke které jsou připojeny shluky citlivých buněk zvaných **skolopophory**.
- **chordotonální** namísto blan slouží k registraci zvukových kmitů vlákna
- jsou umístěny na končetinách, hrudi, či zadečku
- pravděpodobně vznikly modifikací části tracheálního systému (hmyz)



kudlanka

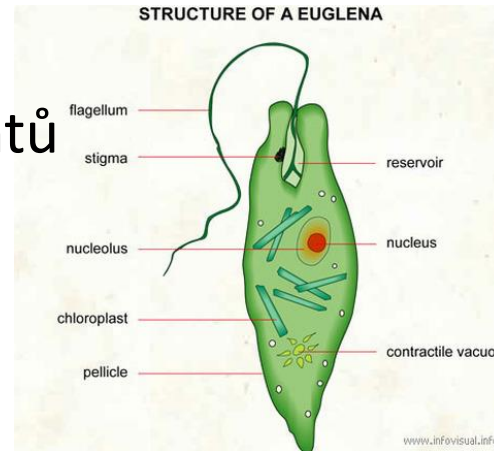


Obr. 280 Tympanální orgán kobylinky (*Tettigonia*). Vlevo štěrbinovité sluchové otvory na tibií, uprostřed příčný řez, vpravo skolopophor, specializovaný orgán na registraci vibrací. Z Beklemishewa (1960).

fotoreceptory

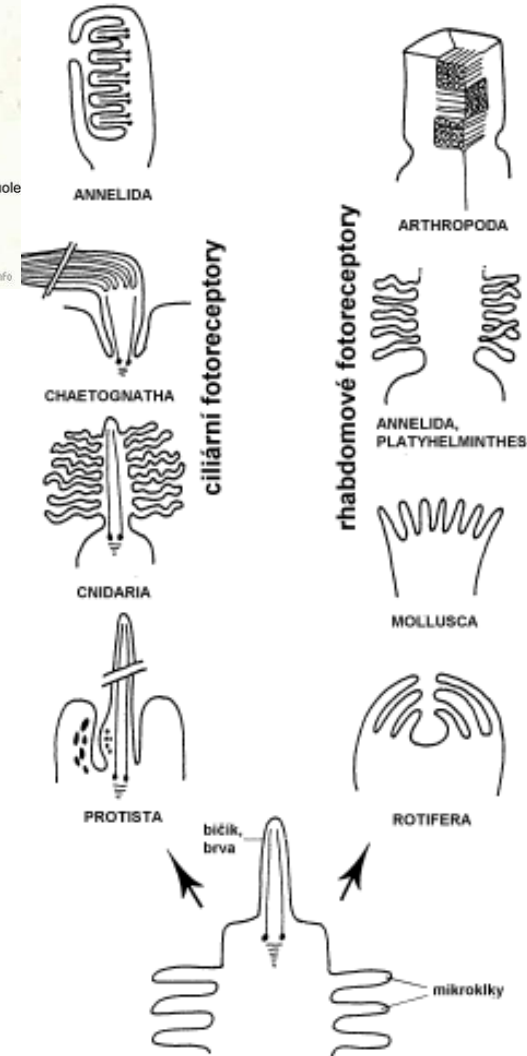
jednobuněční:

- kumulace fotocitlivých pigmentů – světločivné skvrny, stigmata

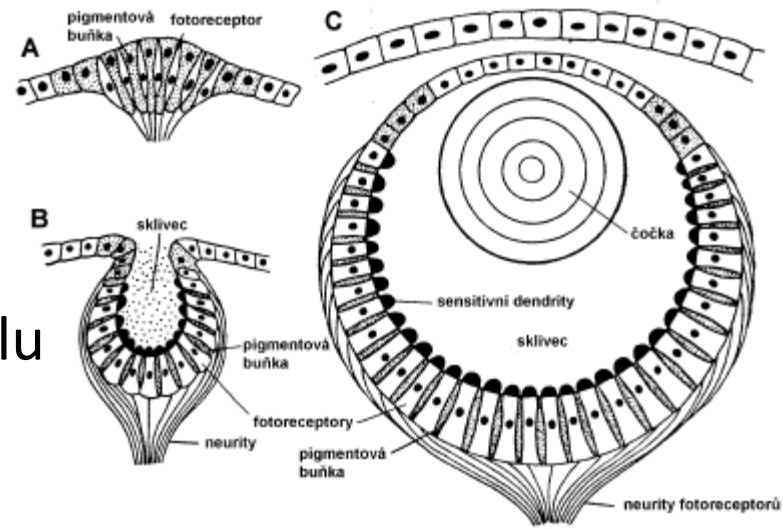


mnohobuněční:

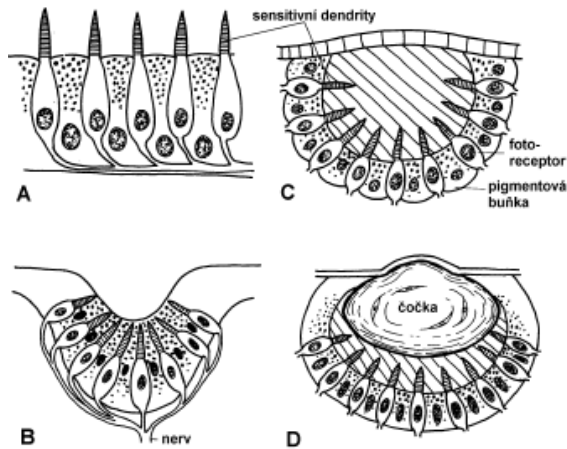
- jednobuněčné fotoreceptory
- **ciliární fotoreceptory** – převažují světločivné brvy
- **rhabdomové receptory** – převažují klky
- shlukování fotoreceptorů
-> jednoduché oči, **ocelli** – intenzita a směr světla



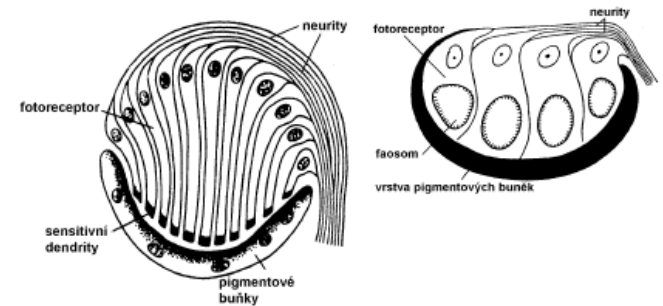
- postupné zanořování -> **komorové oko**
- vzniklo až 60x nezávisle v různých liniích
- **eversní** – dendrity směřovány proti světlu
- **inversní** – dendrity odvrácené od světla
- postupný vývoj **čočky (lens)**
– umožňuje ostré vidění



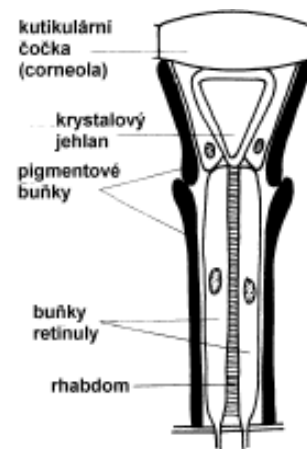
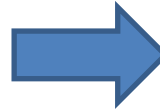
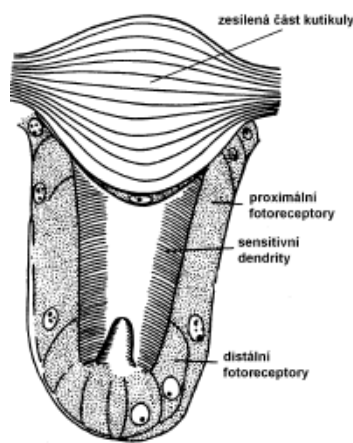
Obr. 287 Typy očí u hydromedúz, které reprezentují různá stadia vývoje komorového oka. A - oční skvrna (ocellum), B - oční jamka, C - oční váček. Podle Bütschliho, z Beklemishewa (1960).



Obr. 292 Postupný vznik komorového oka z pigmentových skvm (A), světločivného epitelu vnořeného pod povrch těla do pohárkovitého útvaru (B), který překryla vrstva epitelu (C), z nějž se pak vytvořila čočka (D). Podle Bamese a kol. (1993).



Obr. 288 Vlevo schema oka s inversní sítnicí, pravo schema oka s fotoreceptory obsahujícími faosomy. Z Beklemishewa (1990).



- u larev hmyzu **archaeomma**, z něj se vyvinulo **ommatidium**, základní jednotka **složeného oka**

2 typy složených očí

- **apoziční oči**

navzájem zcela izolována ommatidia adaptovány na denní podmínky

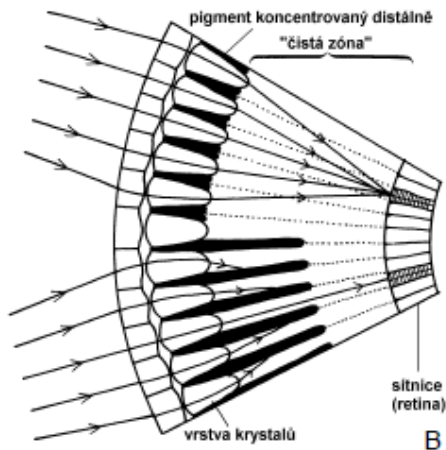
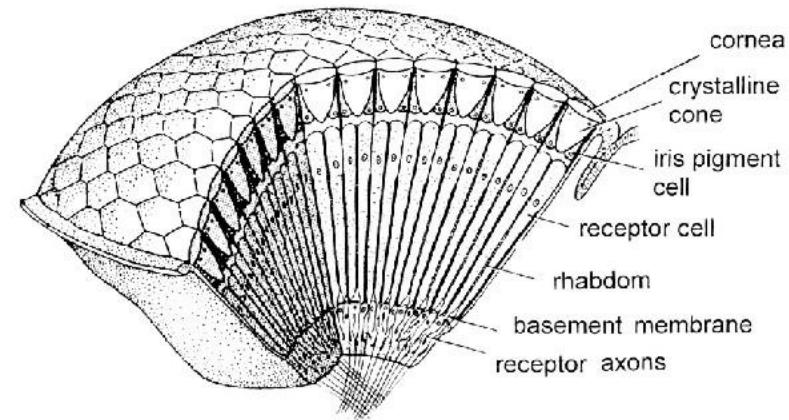
- **superpozíční oči** – pigmentové buňky mezi

ommatidii mohou měnit svoji délku

-> přizpůsobení na večerní/noční aktivitu,

na sítnici se dostane více světla,

obraz však není tak ostrý



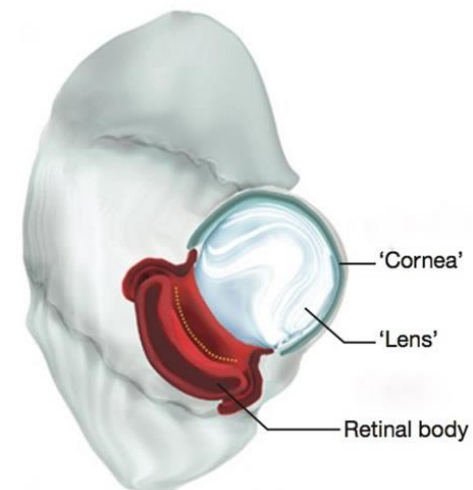
Smyslové orgány napříč fylogenezí

jednobuněční

- recepce celým povrchem buňky
- brvy, bičíky
- pigmentové skvrny, stigmata

Dinoflagellata (obrněnky) nejdokonalejší světločivné „orgány“ – **oceloidy** s analogiemi komorového oka – mají část odpovídající rohovce, čočce a sítnici, která je obklopena tmavým pozadím.

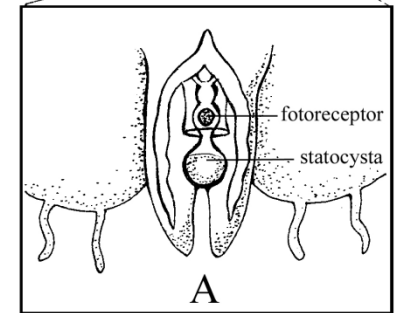
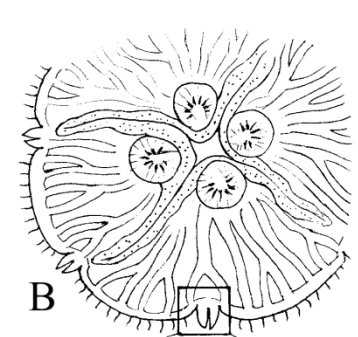
GAVELIS, Gregory S., et al. (2015) Eye-like ocelloids are built from different endosymbiotically acquired components. *Nature*, 523.7559: 204.



mnohobuněční

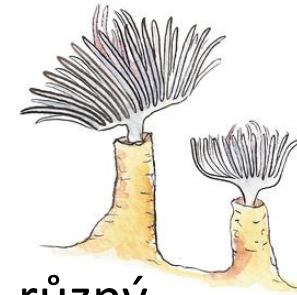
Cnidaria (žahavci)

- smyslové buňky s bičíkatým senzorem v pokožce
- **rhopalium** – fotoreceptory s různou úrovní rozvoje často obsahuje i statocystu se zrnky bazanitu
- rhopalia jsou schopna vysílat nervové impulsy např. pro stah zvonu



Ectoprocta (mechovci)

- v pokožce jsou četné smyslové buňky; na podráždění reagují rychlým zatažením do cystidu
- podobně další mořské přisedlé organismy



Platyhelminthes (ploštěnci)

- obrvený epitel na povrchu, jednoduchá očka, různý počet

Rhabditophora:

- na hlavě jsou inverzní oči a chemoreceptory soustředěny na hlavě v tzv. frontální orgán



Mollusca (měkkýši)

- smyslové buňky v řasinkovém tělním epitelu (chemo a mechanoreceptory)



Polyplacophora (chroustnatky)

- aesthety- fotoreceptory v tegmentu

Bivalvia (mlži)

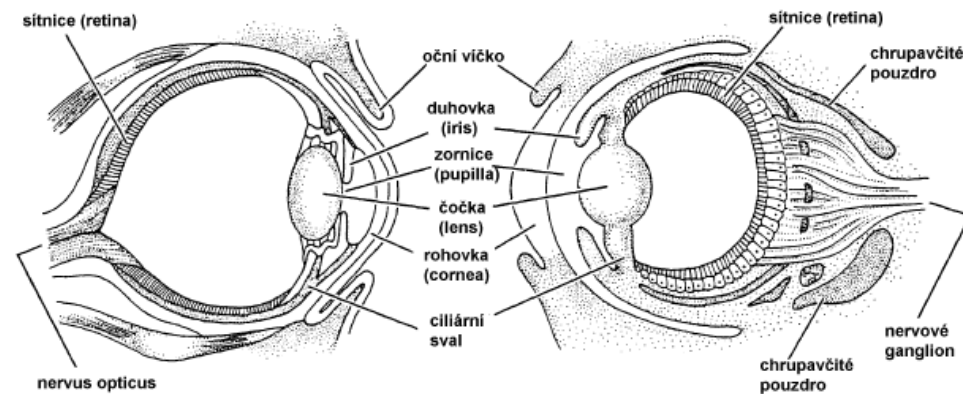
- většinou bez očí, fotoreceptory v pokožce

Gastropoda (plži)

- jednoduché oči na bázi, či konci tykadel

Cephalopoda (hlavonožci)

- dokonalé komorové oči
- největší ze všech živočichů (až 40 cm)
- velké množství fotoreceptorů



OKO OBRATLOVCE

OKO CHOBOTNICE

Obr. 291 Porovnání stavby oka obratlovců a chobotnice. Nápadné jsou strukturální podobnosti, ale embryonální původ je odlišný. Podle různých autorů, z Brusca a Brusca (1990).

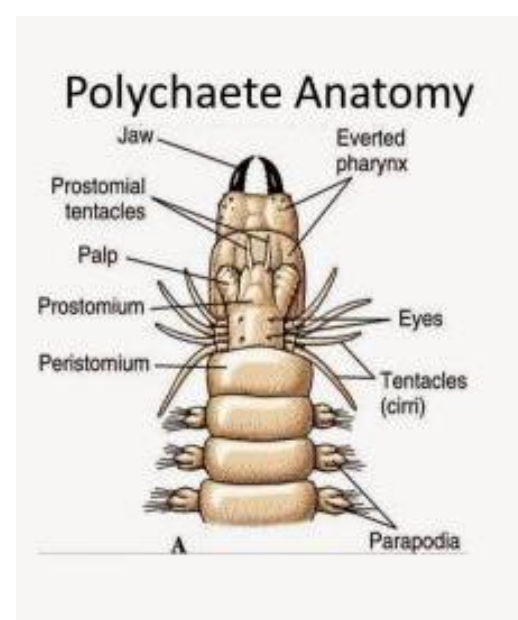


Annelida (kroužkovci)

- hmatové brvy, chemoreceptory
- jednoduché oči (ocelli)
vzácně složené (Sabellida)

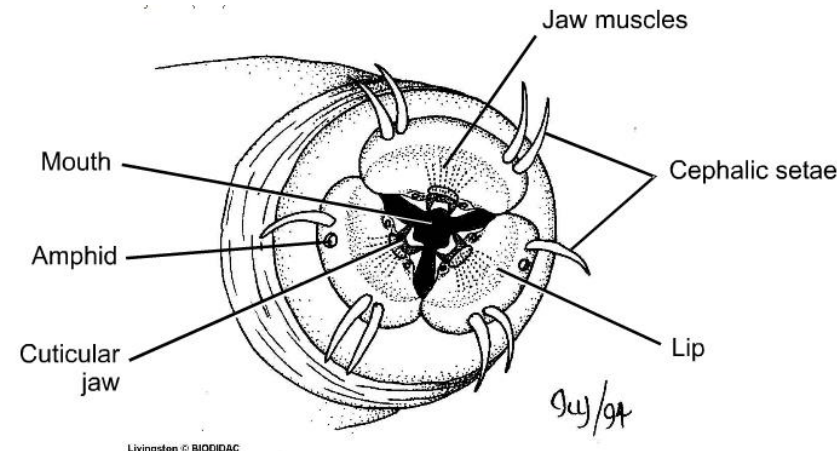
Errantia (bloudivci)

- prostomium dobře vyvinuto s tykadly a očima



Nematoda (hlístice)

- váčkovité chemoreceptory: **amfidy** na přídí a **fazmidy** na zádi
- mechanoreceptory: smyslové papily na obou koncích



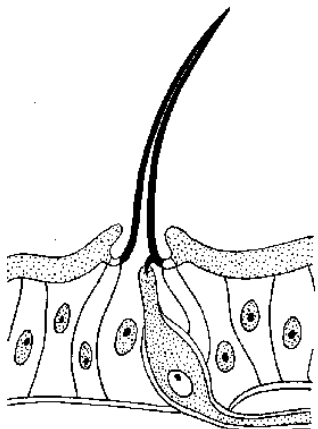
Onychophora (drápkovci)

- neostře odlišená hlava nese tykadla, na jejich bázi jsou jednoduché oči

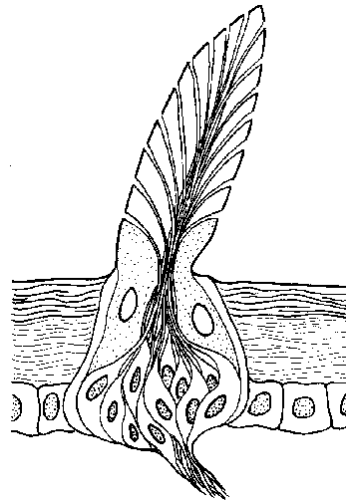


Arthropoda - členovci

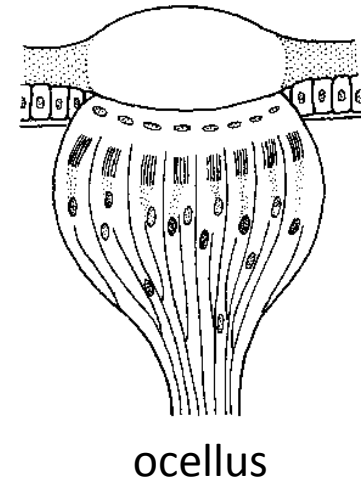
- dva typy očí: jednoduchá očka a pár složených očí
- tykadla s chemo a mechanoreceptory
- hmatové brvy



hmatová brva



chemoreceptor (čich)



Arachnida (pavoukovci)

- ztráta složených očí

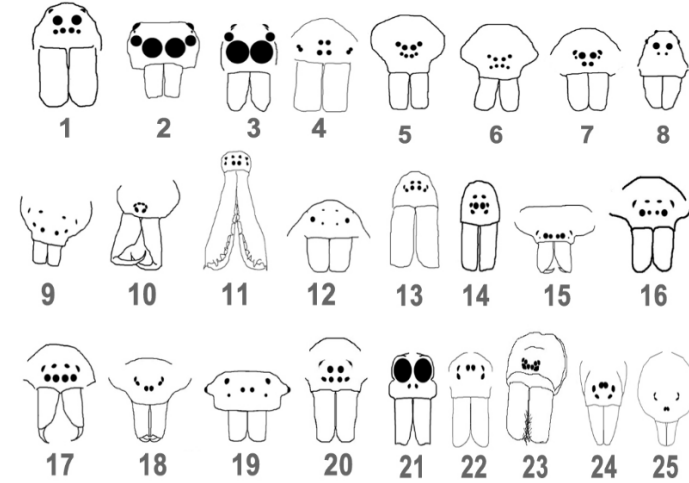


Chart of the eye arrangements of a few arachnid families

Ixodes (klíště)

- Hallerův orgán
jamka na tarzálních člancích předního páru končetin
v této jamce se nachází receptory čichu, vlhkosti, amoniaku,
CO₂ a tepla



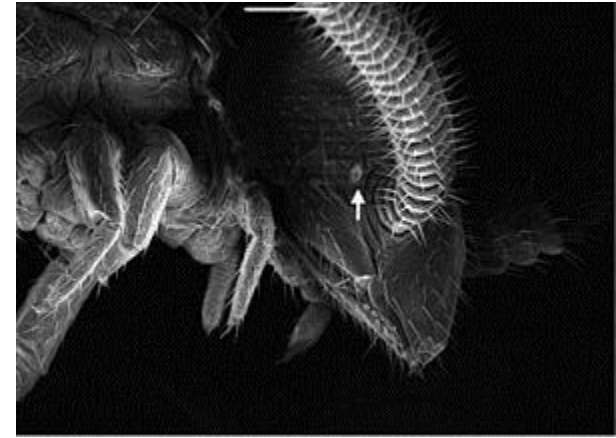
Solifugida (solifugy)

- u báze 4. páru kráčivých končetin jsou malleoli na vnímání otřesů
- smyslové brvy



Myriapoda (stonožkovci)

- úplné zmizení jednoduchých očí
- postranní oči většinou složené z malého počtu více či méně izolovaných oček
- Tömösváriho orgán
párový chemoreceptor na hlavě (receptor humidity?)



„Crustacea“ („korýši“)

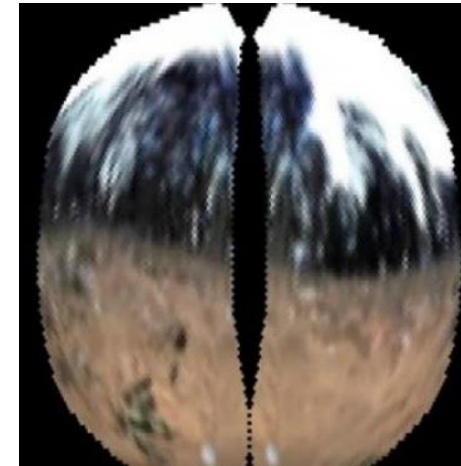
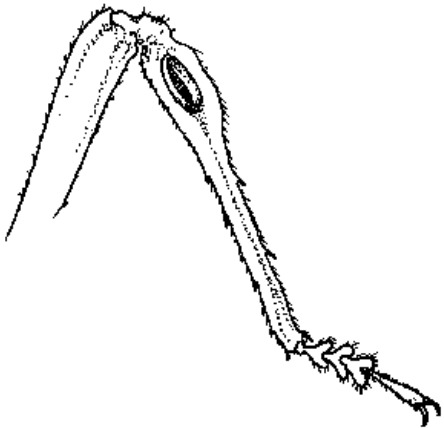
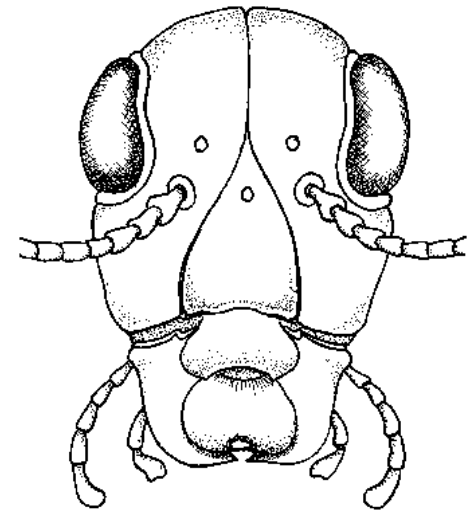
- různé mechano a chemoreceptory nejčastěji na tykadlech,
- u báze antenul někdy statocysty,
- oči složené nebo nauplivá očka (jednoduché a pohárkové)

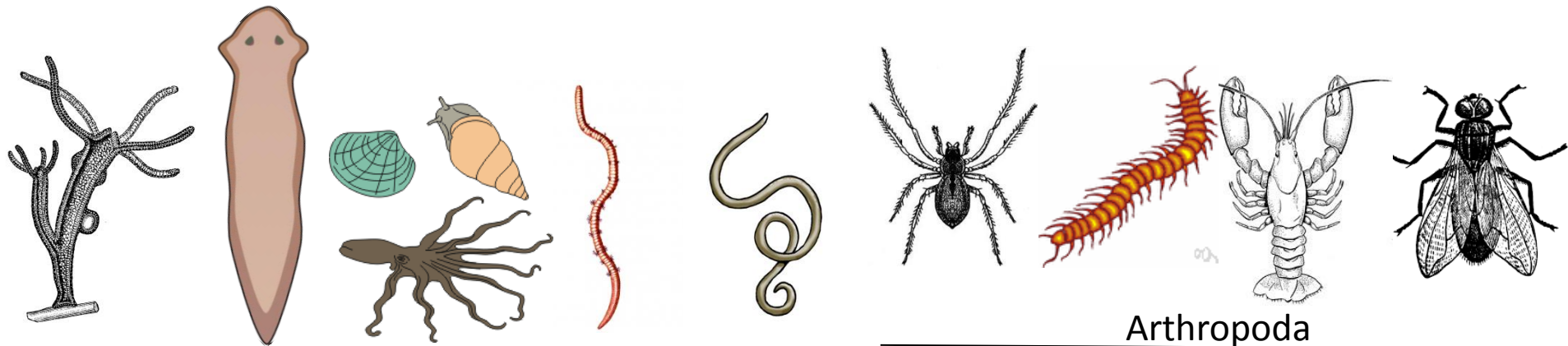


Ectognatha (jevnočelistní – hmyz)

- hlava nese:
- pár složených očí (oculi)
- většinou tři jednoduchá očka (ocelli)
- jeden pár tykadel s chemoreceptory a mechanoreceptory

- chordotonální a tympanální orgány





Arthropoda

Cnidaria	Platyhelminthes	Mollusca	Annelida	Nematoda	Arachnida	Myriapoda	„Crustacea“	Ectognatha
jednoduché až komorové oči	jednoduchá očka inverzní oči	fotoreceptory, jednoduché až komorové oči	jednoduché vzácně složené oči	většinou bez očí	jednoduché oči	složené oči	naupliová očka, složené oči	jednoduché a složené oči
smyslové buňky	obrvený epitel	smyslové buňky v epitelu	štetiny		smyslové brvy	tykadla	tykadla	smyslové brvy, tykadla
rhopalium	frontální orgán			amfidy, fasmidy		Tömösváriho	statocysty	tympanální, chondrotonální orgány