Mikroskopická stavba a vývoj oka

Aleš Hampl

Leden 2021

Smyslový systém

Slouží k zachycování různých typů podnětů působících na organismus z vnějšku i zevnitř.

Senzitivní nervová zakončení
(Struktury s jednoduchou stavbou)

- Jednoduchá senzitivní zakončení
- Intraepitelová senzitivní zakončení
- Senzitivní tělíska

Složitá čidla

- Orgán zraku - Oko
- Orgán sluchu a rovnováhy - Ucho

Orgán zraku – Oko

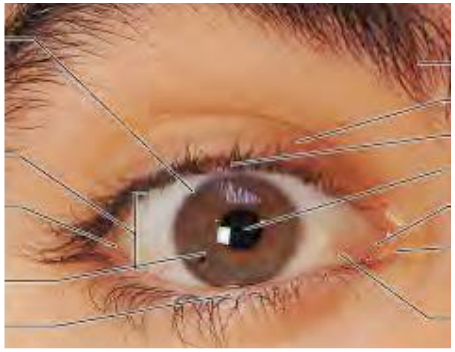
Analyzuje tvar, intenzitu a barvu světla odraženou objekty

Oční koule
(s trojvrstvou strukturou)

- tunica externa = fibrosa
- tunica media = vasculosa
- tunica interna = nervosa

Přídatné struktury oka

- víčko,
- spojivka
- slzný aparát
- okohybné svaly



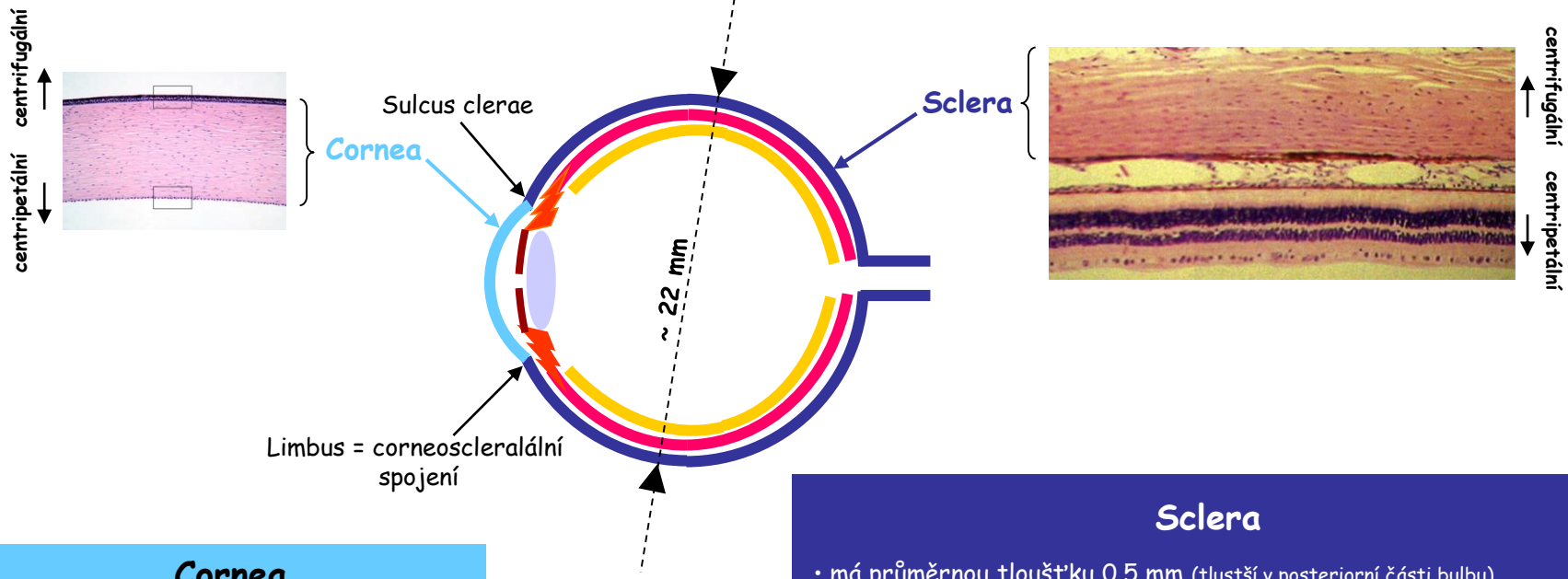
Jaké požadavky by struktury oka měl splnit ?

- Schopnost přijímat signály a přenášet je do CNS ke zpracování
- Schopnost ostřit na objekty
- Dostatečná pevnost (odolnost)
- Schopnost regenerovat
- Volný pohyb – minimální frikce

Dostatečná pevnost (odolnost)

Oči jsou usazeny v ochranném prostředí lebky, v orbitách, obklopeny polštáři tukové tkáně.

Cornea (Rohovka)	+	Sclera (Bělima)	=	Tunica externa oculi
1/6	+	5/6	=	6/6 povrchu oka



Cornea

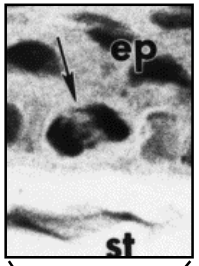
- má průměrnou tloušťku asi 0.9-1.0 mm
- je bezbarvá
- je transparentní
- je zcela avaskulární
- sestává z 5-ti odlišitelných vrstev

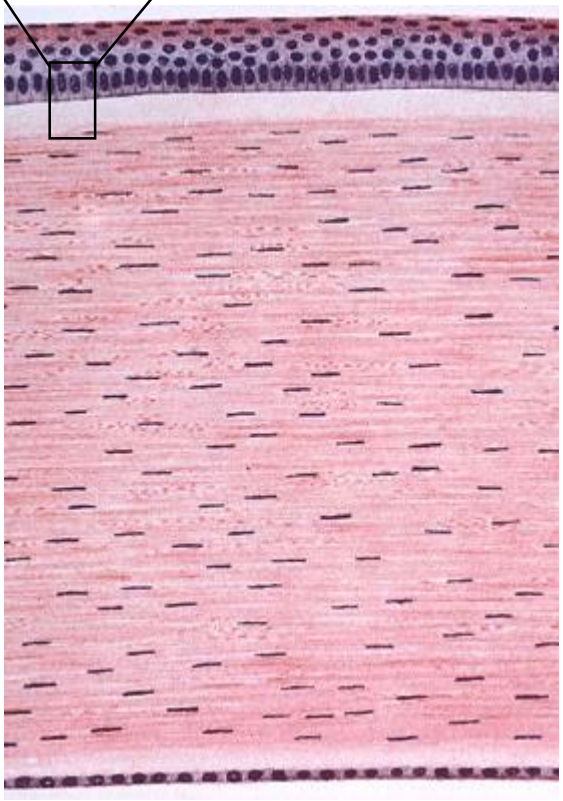
pokračování na dalším obrázku

Sclera

- má průměrnou tloušťku 0.5 mm (tlustší v posteriorní části bulbu)
- tvořena svazky vláken kolagenu I (kříží se v různých směrech)
- obsahuje ojedinělé fbroblasty
- je relativně avaskulární
- je spojena řídkým vazivem s **Tenonovou membránou** - vytváří **Tenonův prostor**, který umožňuje volný pohyb oční koule
- s cévnatkou je spojena prostřednicvtím **lamina suprachoroidea** (řídké vazivo s ojedinělými melanocyty, fibroblasty a elastickými vlákny)

Cornea
(transverzální řez)





Přední

Zadní

Přední epitel rohovky

- vícevrstevný dlaždicový epitel (5-6 vrstev)
- nekeratinizující
- extrémně bohatý na nervová zakončení
- buňky na povrchu jsou opatřeny mikroklky
  (protrudují do prostoru s filmem slz)

Bowmanova membrána

= **Lamina limitans anterior**
- má tloušťku asi 7 – 12 μm
- je tvořena jemnými kolagenními vlákny (křížícími se)
- neobsahuje buňky
- dodává rohovce pevnost

Substancia propria corneae

- tvořena mnoha vrstvami perpendikulárně řazených kolagenních vláken
- mezi lamelami kolagenu jsou oplostělé keratocyty (fibroblast-like cells)
- obsahuje mukoidní hmotu bohatou na chondroitinsulfát
- vhodně hydratována

ZÁKLAD TRANSPARENCE

= **Lamina limitans posterior**
- je tvořena jemnými vlákny kolagenu
- vlákna jsou organizována do 3D sítě

Descemetova membrána

Zadní epitel rohovky

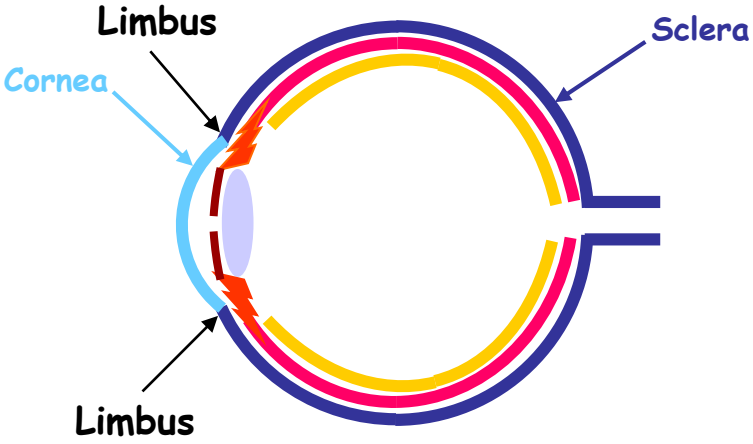
- jednovrstevný dlaždicový epitel
- svojí aktivitou udržuje ve správném stavu stroma rohovky
- přechází na na přední plochu duhovky
  (přes spongium anguli iridocornealis)

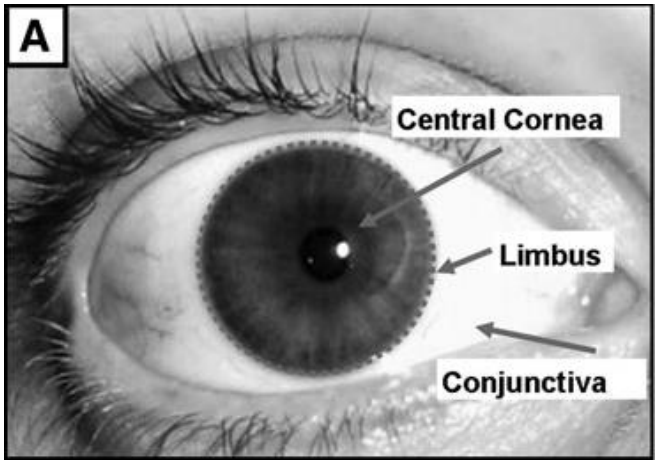
Schopnost regenerace

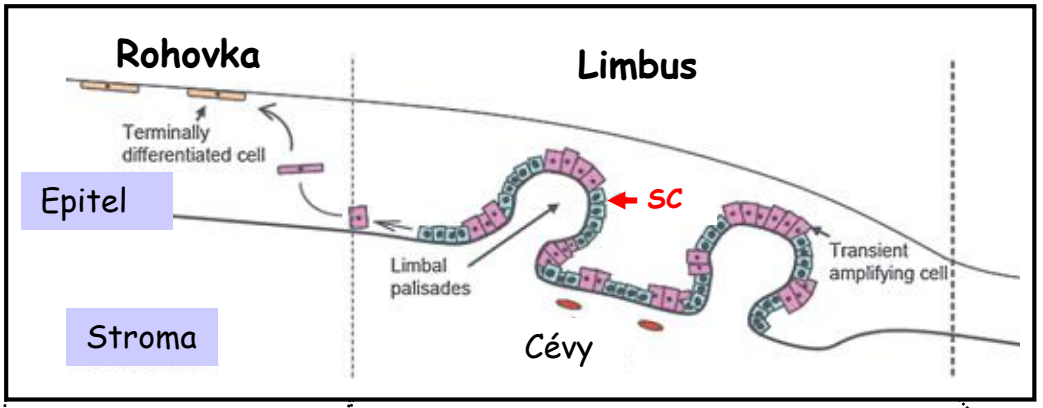
Limbus – corneosclerální spojení

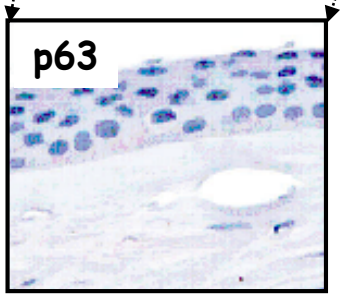
Je oblast přechodu trasparentních kolagenních vláken rohovky v netransparetní kolagennní vlákna bělimy.

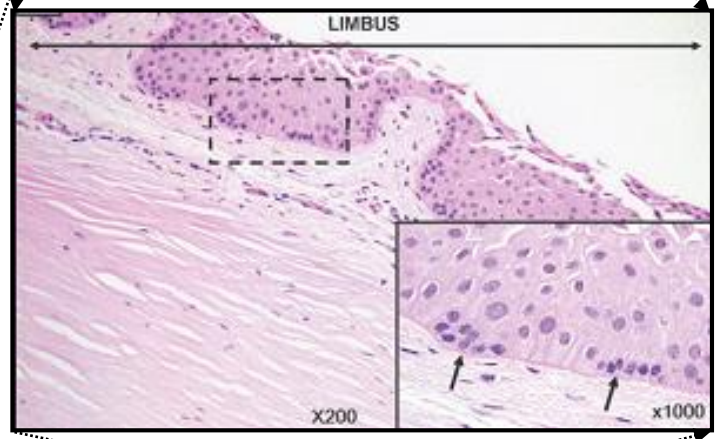
Je vysoce vaskularizovaná – vyživuje bezcévnou rohovku.

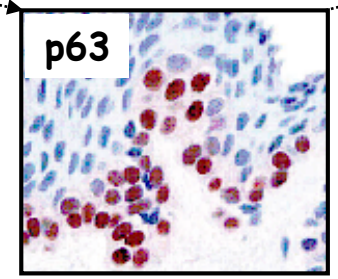


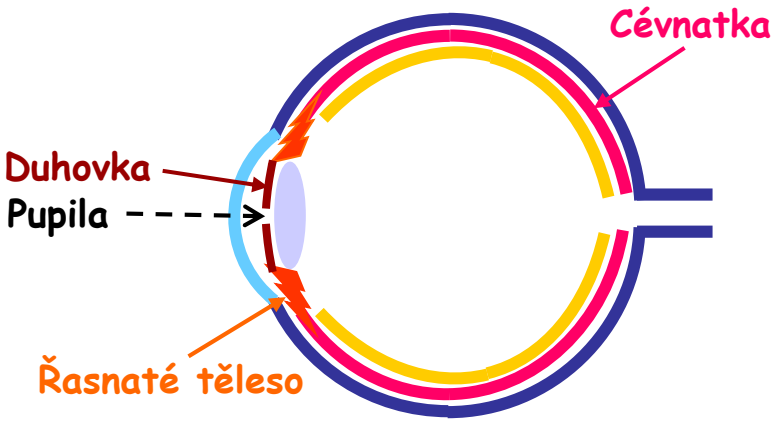












Dostatečné zásobení zdroji

Cévnatka + **Řasnaté těleso** + **Duhovka** = **Tunica media**
Choroidea — Corpus ciliare — Iris — T. vasculosa

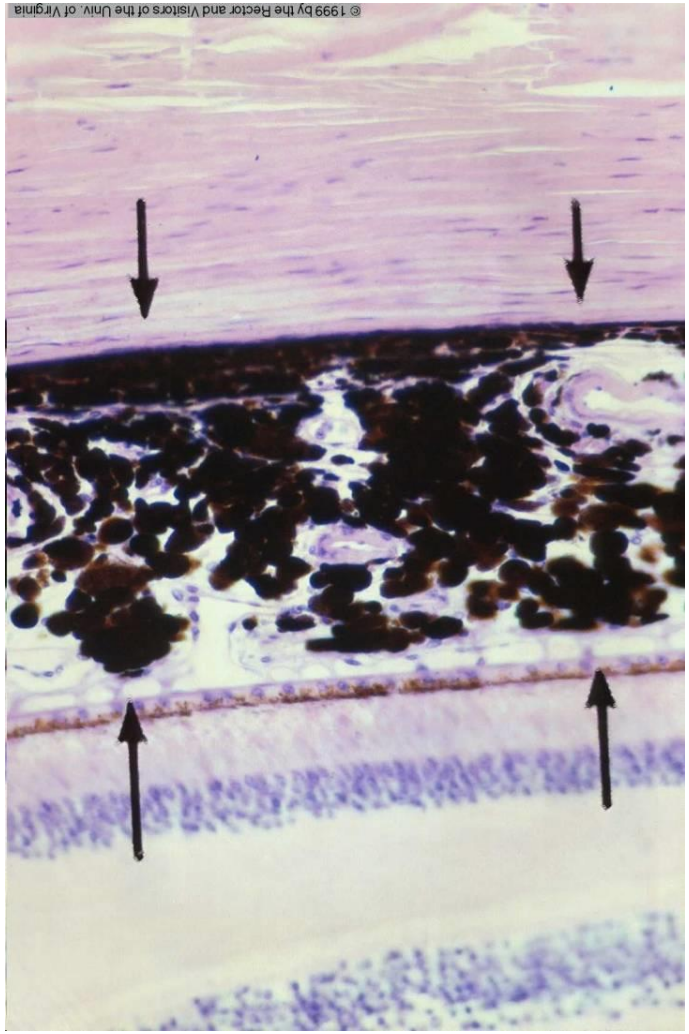
Cévnatka = 4-vrstvá struktura

Lamina suprachoroidea
- je tvořena řídkým vazivem
- je bohatá na pigmentové buňky - melanocyty

Lamina vasculosa
- je tvořena řídkým vazivem
- je bohatá na pigmentové buňky - melanocyty
- obsahuje silnějšíší cévy a nervová vlákna

Lamina choriocapillaris
- je tvořena řídkým vazivem
- obsahuje složitou síť jemných kapilár

Lamina vitrea = L. basalis = Bruch's membrane
- je tvořena vlákny kolagenu a elastinu
- má celkovou tloušťku asi 3-4 μm
- vytváří přechod mezi bazálními membránami Lamina choriocapillaris a pigmentového epitelu sítnice

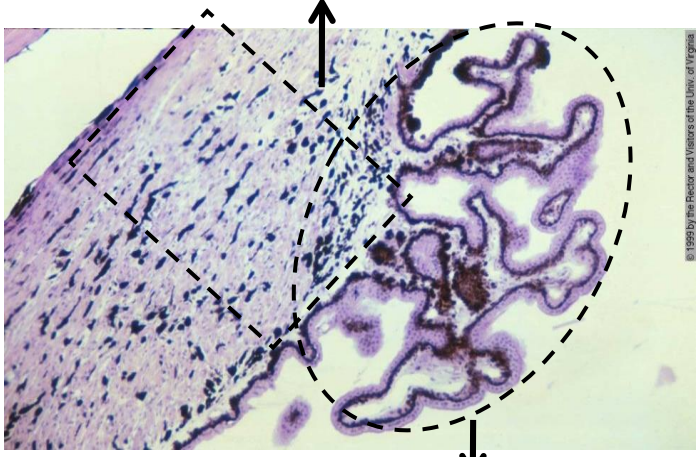


Schopnost zaostřit na objekty

Řasnaté těleso – přední extenze cévnatky

Stroma řasnatého tělesa

- řídké vazivo
- obsahuje elastická vlákna, cévy a melanocyty
- bohaté na kapiláry (komorový mok)
- svazky hladkosvalových vláken (ukotveny v bělimě a prostupující do výběžků řasnatého tělesa – *m. ciliaris*)



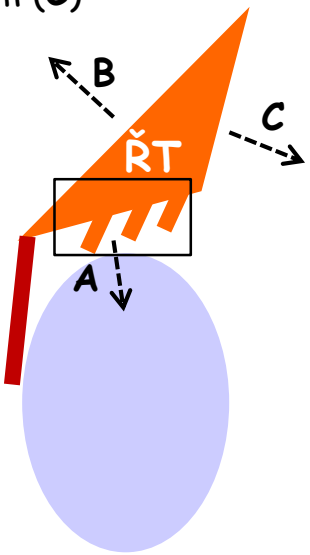
Výběžky ŘT (Processus ciliares)

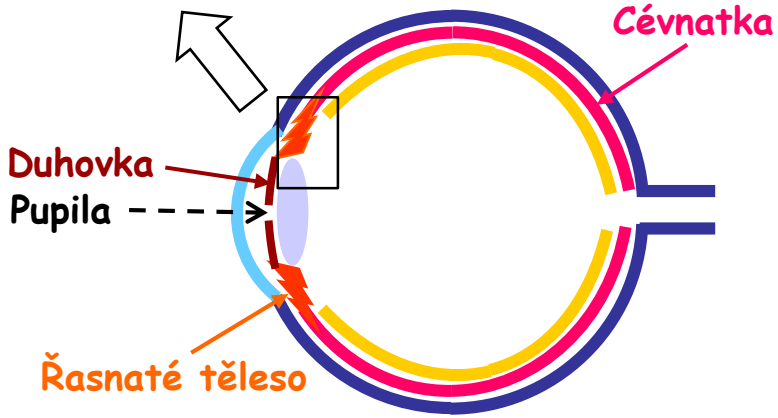
- prominují do zadní komory
- celkový počet asi 70-80
- bohaté kapilárami (komorový mok)
- pokryto dvouvrstvým epitelem (přechází ze sítnice – *pars ciliaris retinae*)
- spojeny s pouzdrem prostřednictvím *fibrae suspensoriae lentis* (zonulae)

Trojúhelníkovité na řezu

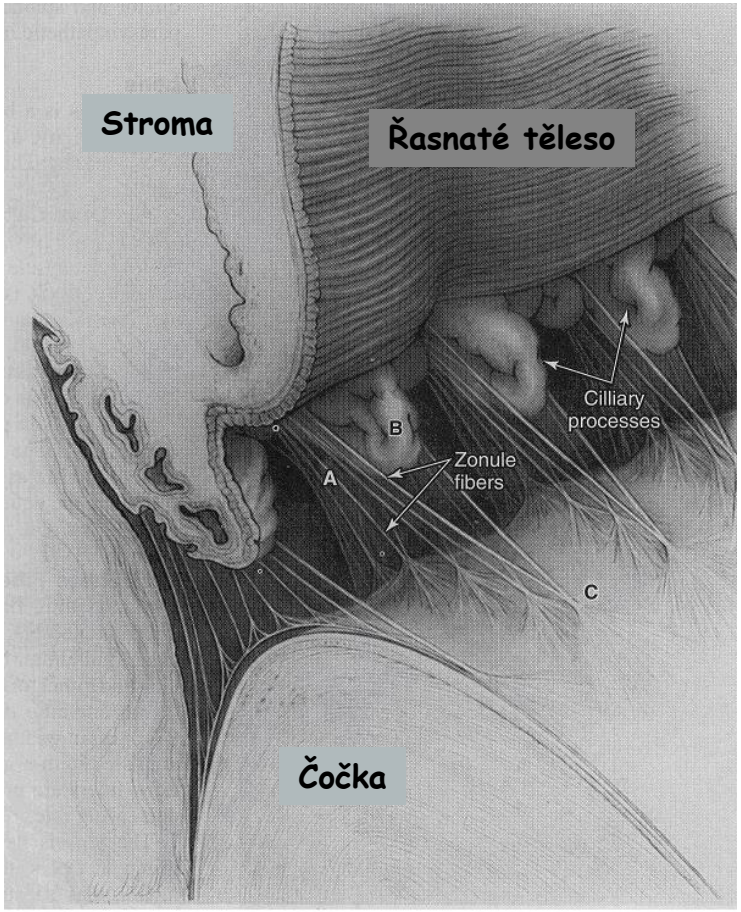
Stýká se s:

- čočkou a zadní komorou (**A**)
- bělimou (**B**)
- sklivcem (**C**)



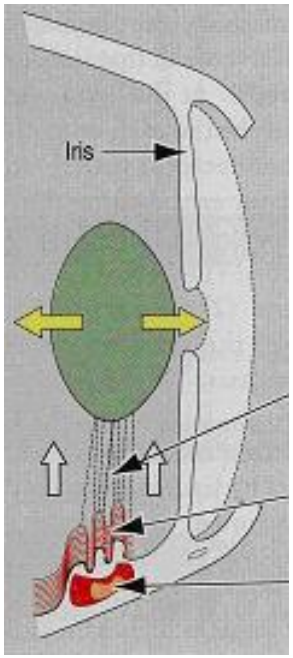


Řasnaté těleso



Akomodace čočky

Vidění na blízko



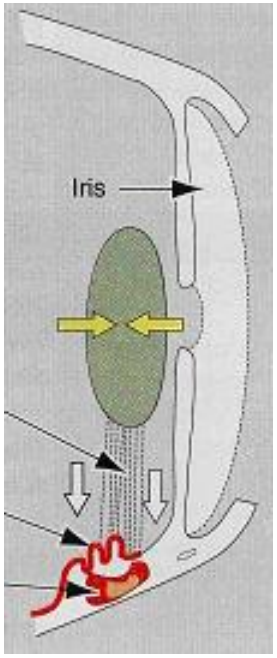
- sval kontrahován
- zonulae uvolněny

Zonulae

Výběžky ŘT

M. ciliaris

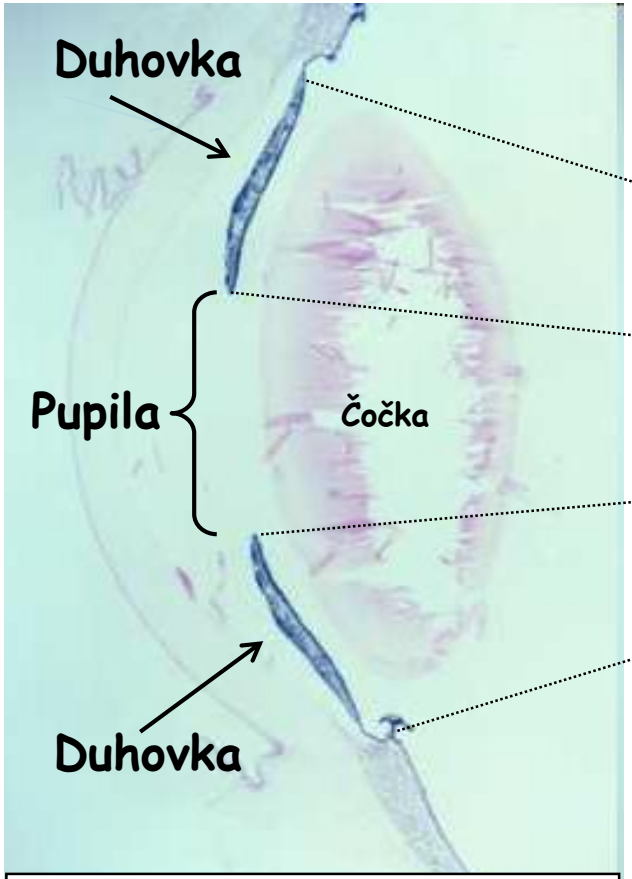
Vidění do dálky



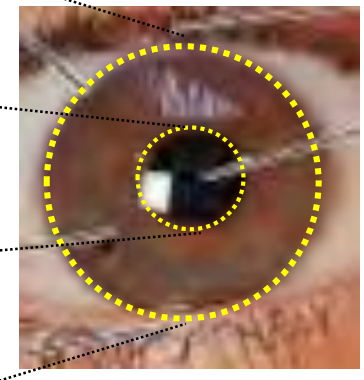
- sval relaxován
- zonulae napnuty

Duhovka (Iris) - 1

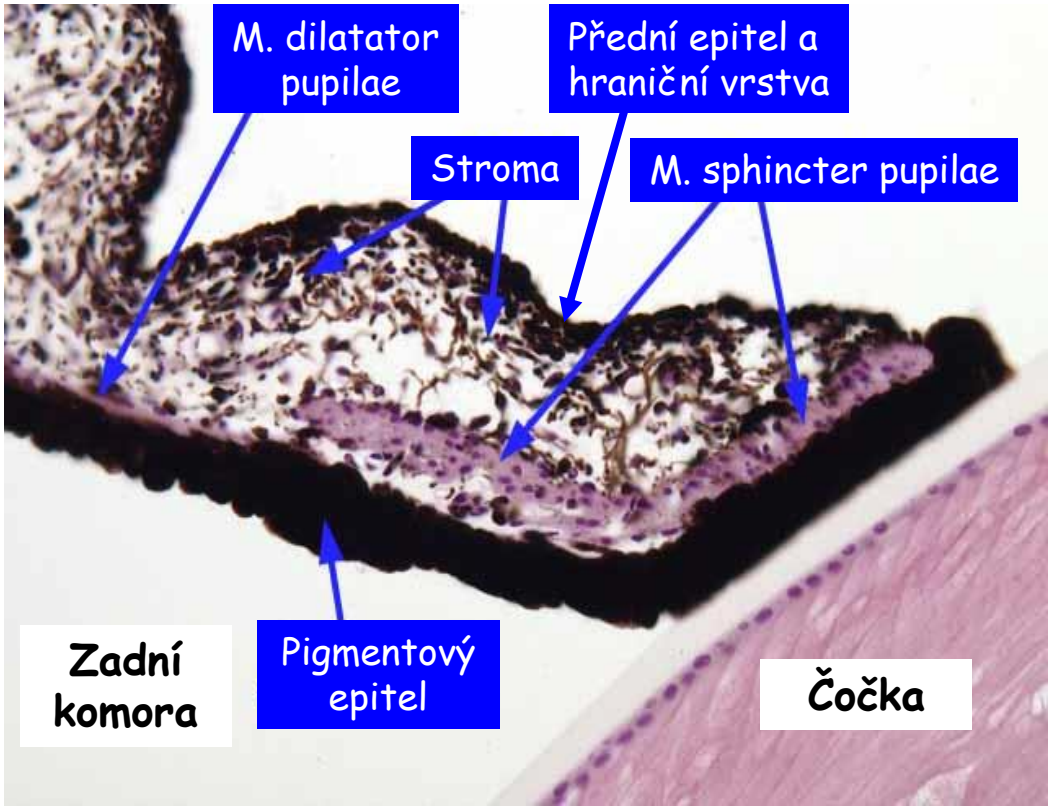
Přední pokračování cévnatky.
Částečně kryje čočku.



Řez přední částí oka



Duhovka (Iris) - 2



Duhovka = 4-vrstvá struktra
Vrstvy směrem z vnějšku:

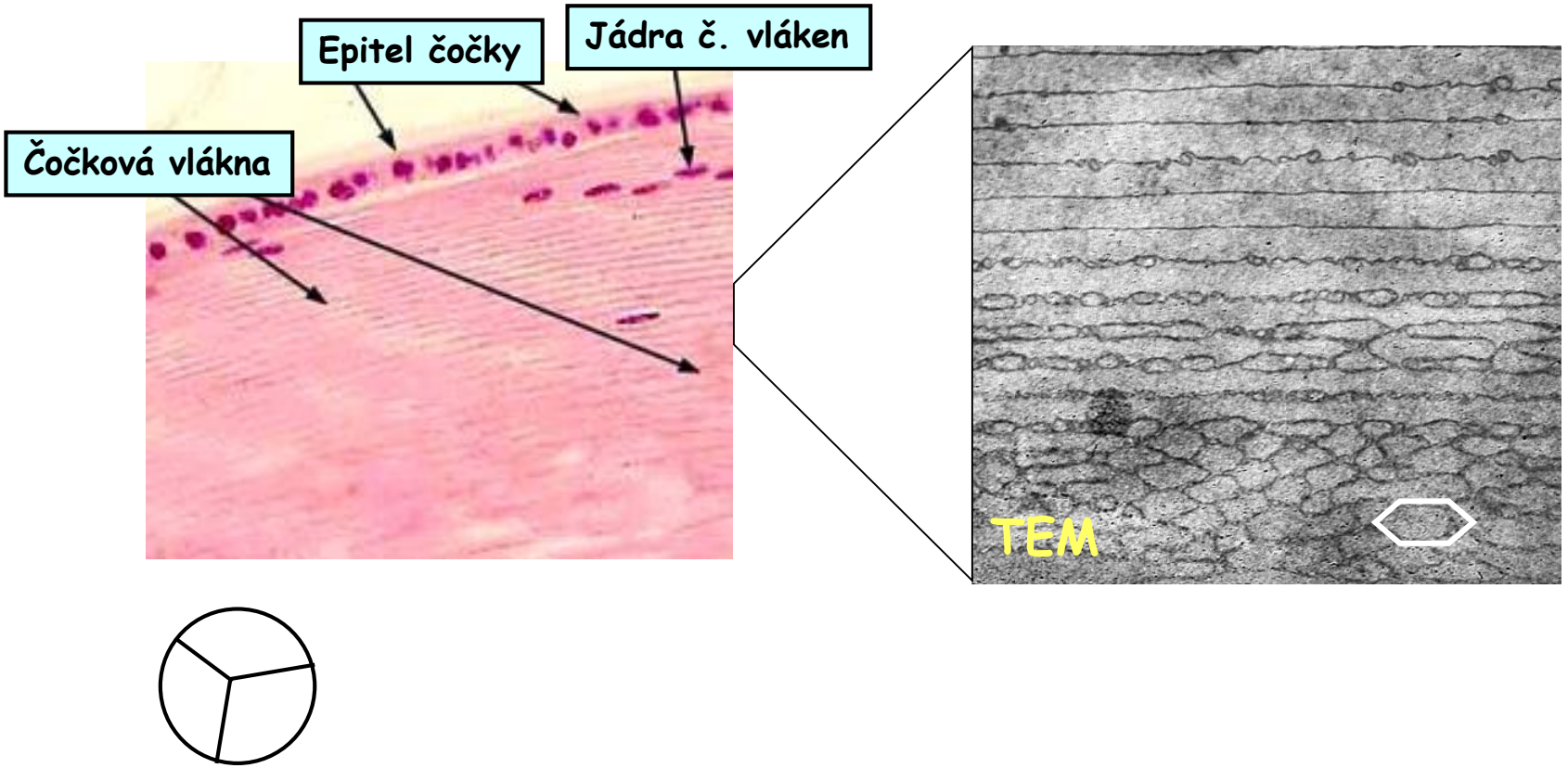
1. **Přední epitel duhovky**
   - je pokračováním zadního epitelu rohovky
   - nesouvislá vrstva velmi plochých epitelialních buněk, fibroblastů a melanocytů

2. **Přední hraniční vrstva**
   - tenká vrstva pojivové tkáně
   - bohatá na pigmentové buňky - melanocyty
   - rozhoduje o barvě oka

3. **Stroma duhovky**
   - tvořeno řídkým vazivem
   - obsahuje velké množství radiálně uspořádaných cév
   - koncentricky uspořádané hladkosvalové buňky (=musculus sphincter pupillae)

4. **Pars iridica retinae**
   - dvouvrstvé
   - pokračování z řasnatého tělesa
   - vrstva přilehlá ke stromatu obsahuje myofilamenta (=musculus dilatator pupillae)

Čočka



Epitel (kubický + nízký cylindrický) pouze na přední straně čočky.

Na rovníku čočky jsou úpony fibrae suspensorie lentis.

Schopnost přijímat signály a přenášet je do CNS ke zpracování

Sítnice = Retina = Tunica aculi interna – Tunica nervosa

Zadní část
- fotosenzitívní
- vícevrstevná

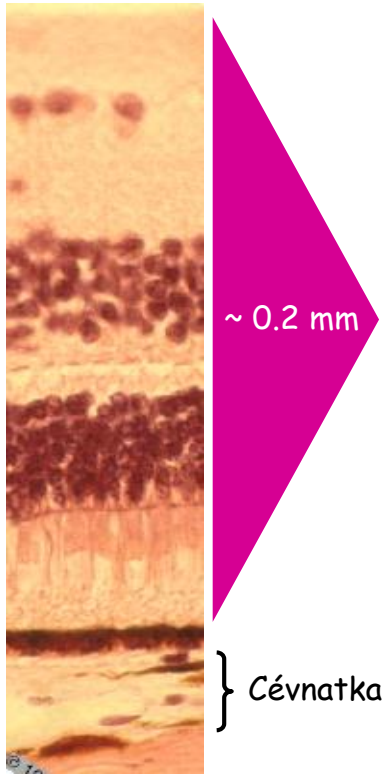
Přední část
- nefotosenzitívní
- dvojvrstvá
- pokrývá řasnaté těleso a zadní část duhovky

Invaginace předního mozkového váčku (prozencephalon) vytváří dvouvrstvý **oční pohárek**.

Vnější vrstva

Stratum pigmenti retinae

- sloupcovité buňky
- jádro při bázi
- pevné spojení s lamina vitrea/basalis cévnatky
- zonulae occludentes and adherentes
- bohaté na hladké ER (esterifikace vit A)
- četná granula melaninu
- extenze (mikroklky) apikální části
- v apikální části vesikuly v různém stupni digesce



Vnitřní vrstva

Nervová retina

Nervová (optická) retina

minimálně 15 různých typů neuronů s desítkami různých interakcí (synapsí)

9 rozlišitelných vrstev

Membrana limitans interna

Vrstva nervových vláken

Vrstva gangliových buněk

Vnitřní vrstva plexiformní

Vnitřní vrstva jádrová

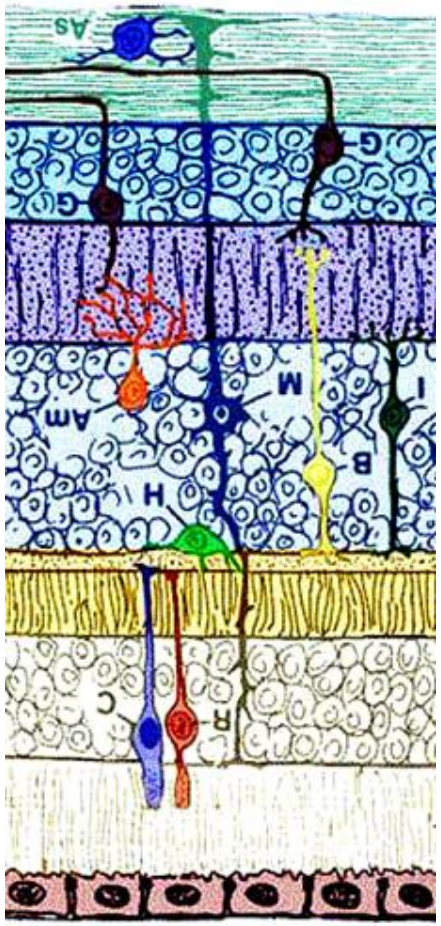
Zevní vrstva plexiformní

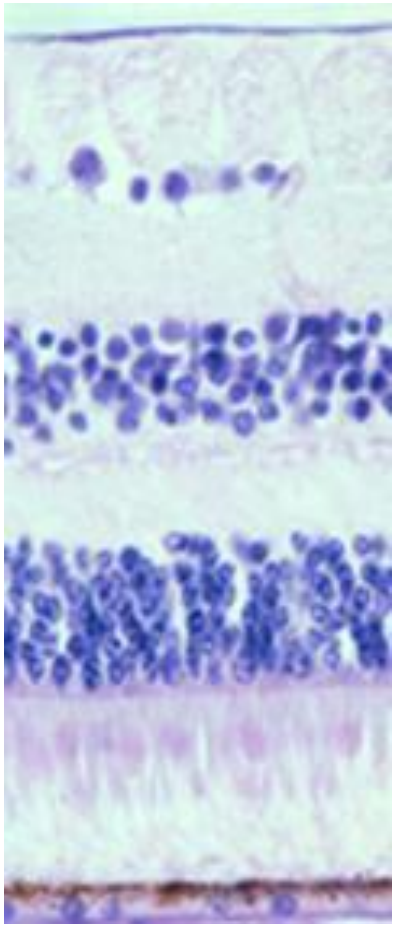
Zevní vrstva jádrová

Membrana limitans externa

Vrstva tyčinek a čípků

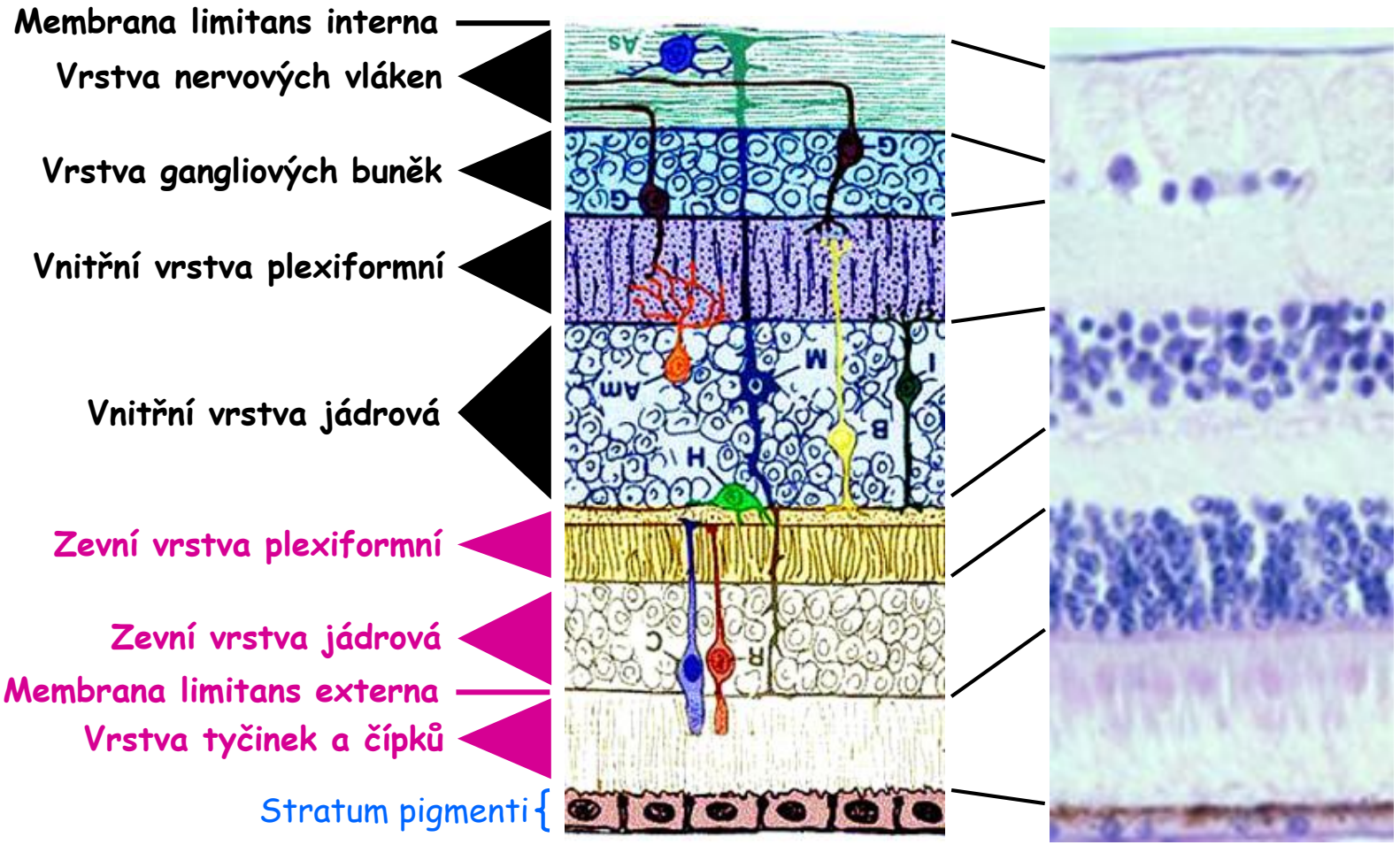
Stratum pigmenti





Fotoreceptory = Buňky tyčinkové a čípkové 1

I. neurony zrakové dráhy



Fotoreceptory = Buňky tyčinkové a čípkové 2

I. neurony zrakové dráhy

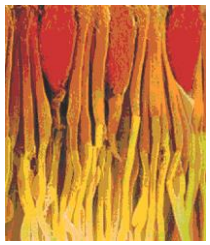
Zevní vrstva plexiformní

Zevní vrstva jádrová

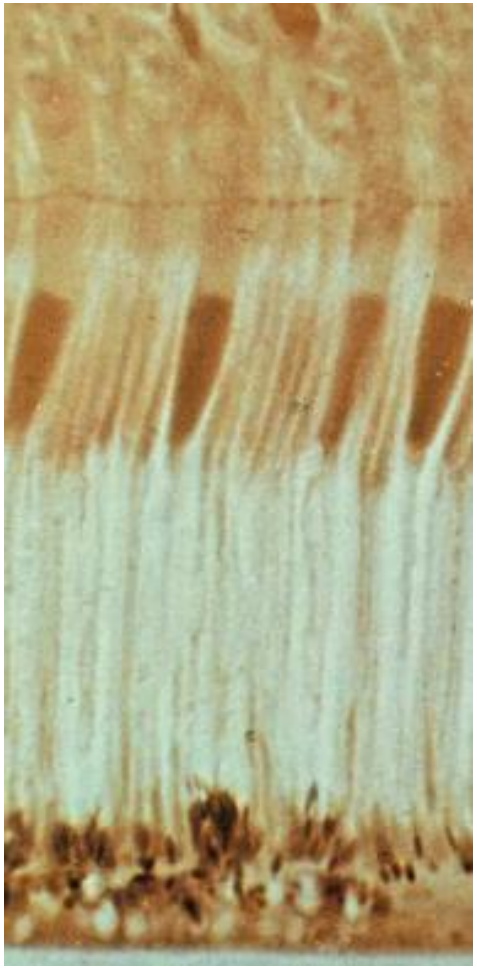
Membrana limitans externa

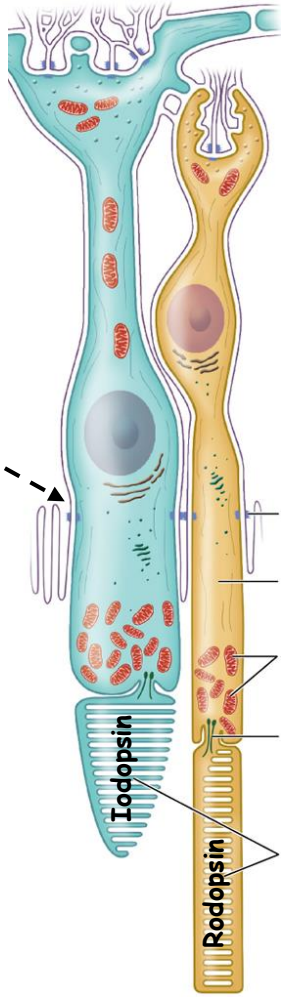
(série spojovacích komplexů mezi fotoreceptory a gliovými buňkami Mullerovými)

Vrstva tyčinek a čípků



SEM





Synaptická oblast

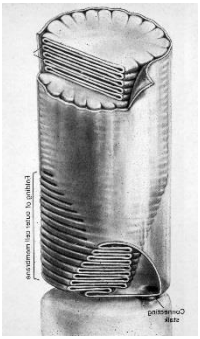
Jádrová oblast

Centrální oddíl

Vnitřní segment

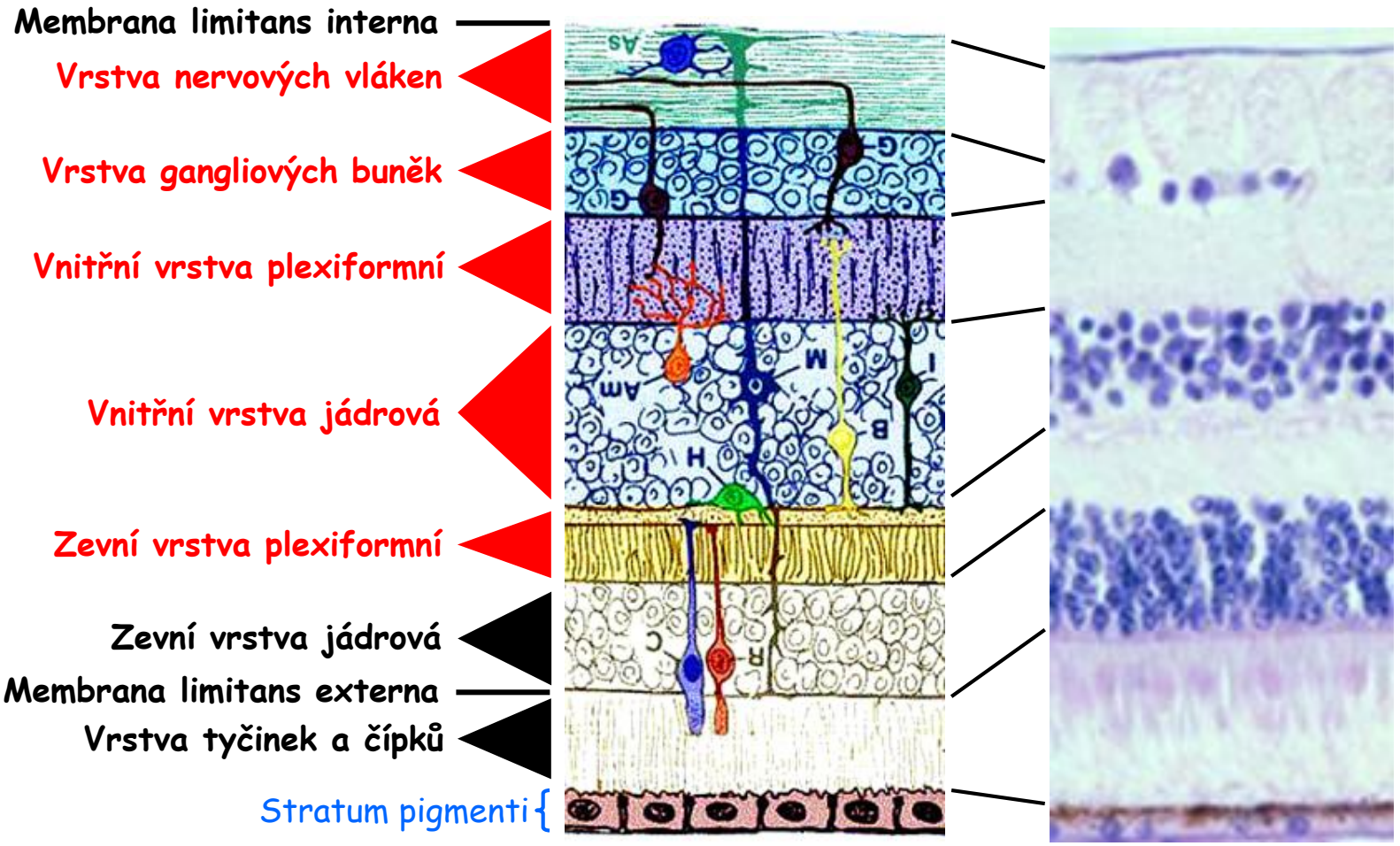
Vnější segment

Periferní oddíl



Tyčinkové buňky: 100-150 mil.
Čípkové buňky: 7 mil. (méně citlivé)

Další neurony zrakové dráhy 1



Další neurony zrakové dráhy 2

II. neuron
Bipolární buňky

Difúzní
- Synapse se dvěma a více receptory

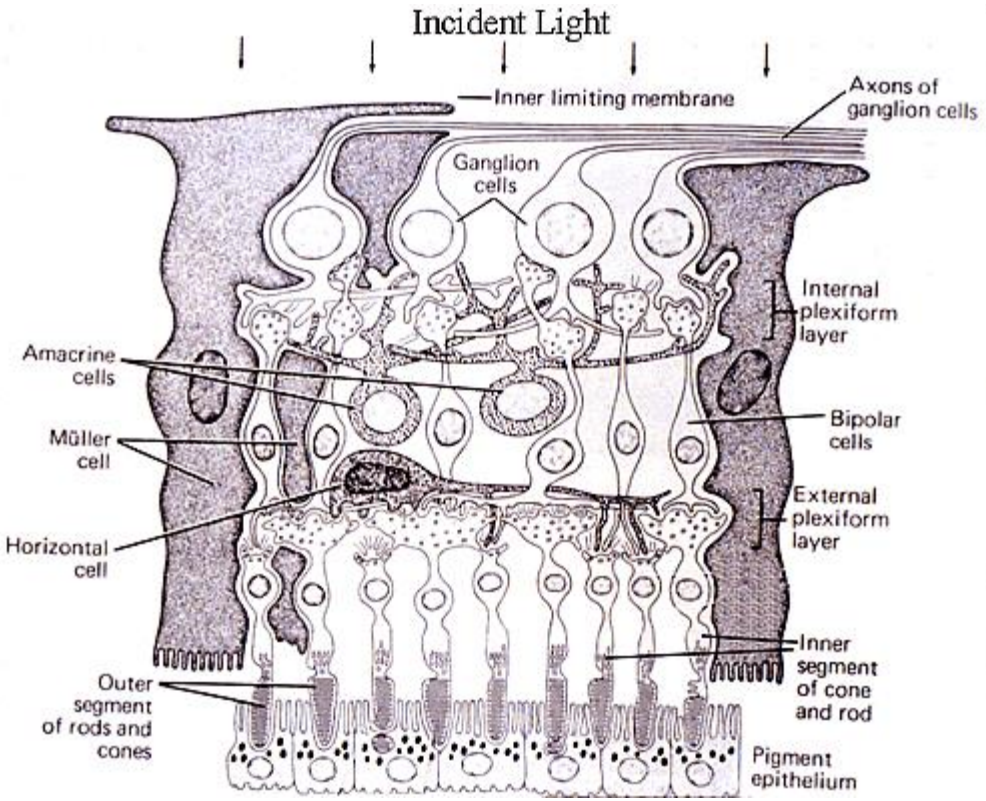
Monosynaptické
- Synapse pouze s jedním receptorem
- Přímý přenos impulsů z některých čípků

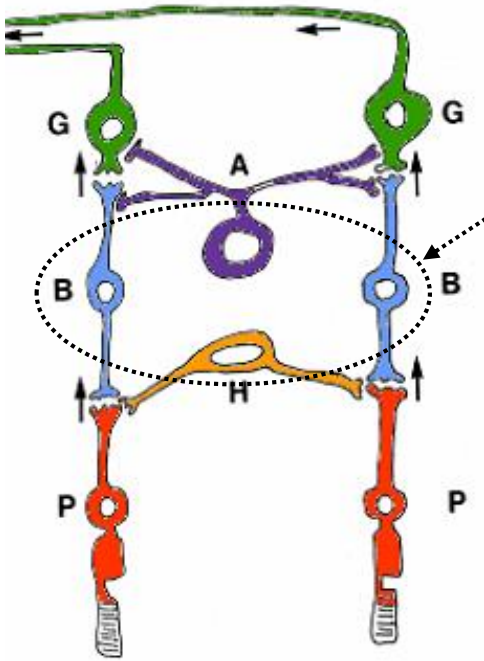
III. neuron
Gangliové buňky (multipolární)
- Velké buňky
- Jádra obvykle v jedné vrstvě
- Dendrity se spojují s neurity bipolárních a amakrinních buněk
- Neurity pobíhají v 9. vrstvě sítnice a spojují se ve zrakový svazek

Asociační + integrační neurony

Horizontální Buňky
- Malé
- Multipolární

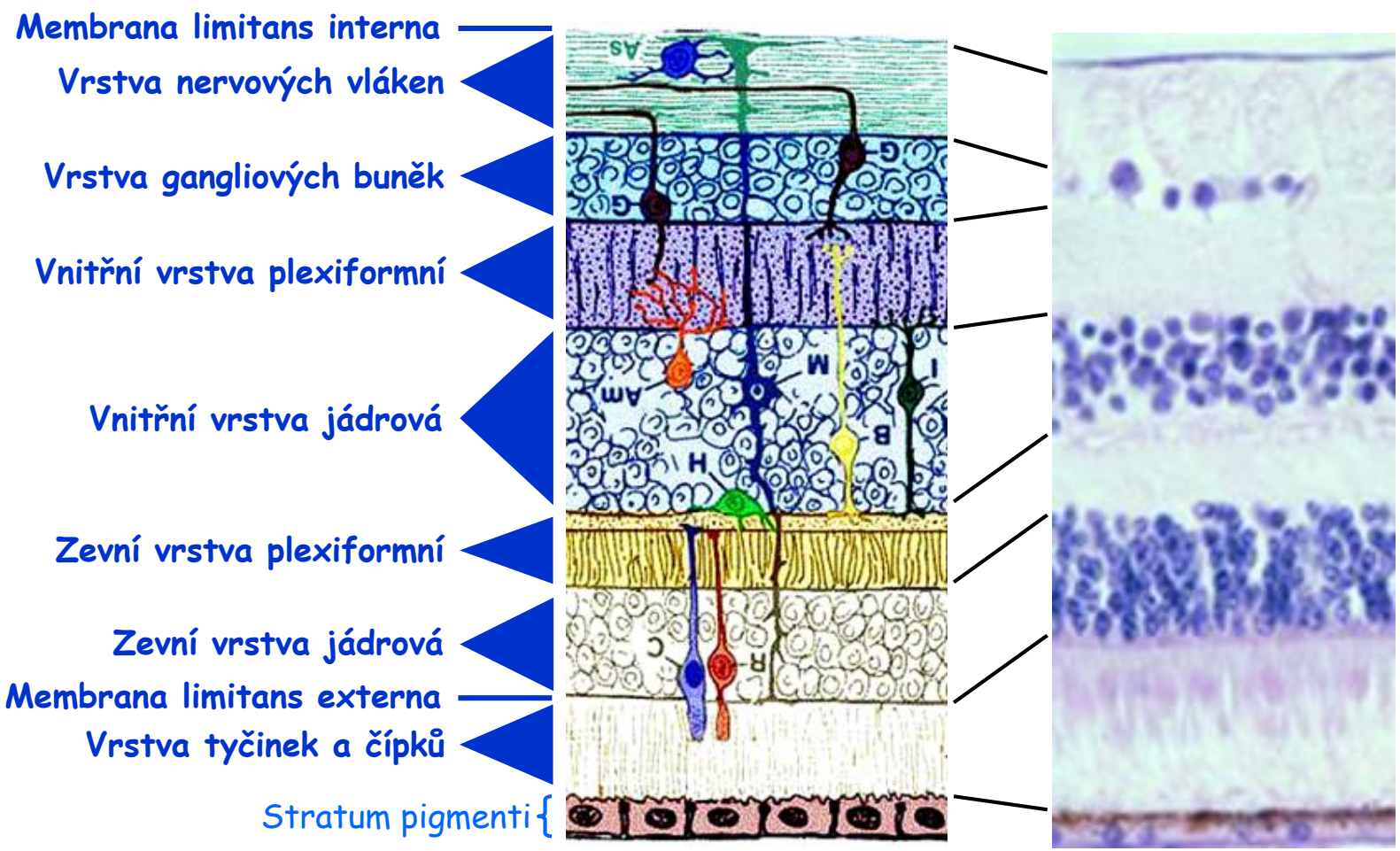
Amakrinní Buňky
- Nemají patrný neurit





Buňky s jádry ve vnitřní vrstvě jádrové

Podpůrné buňky sítnice 1

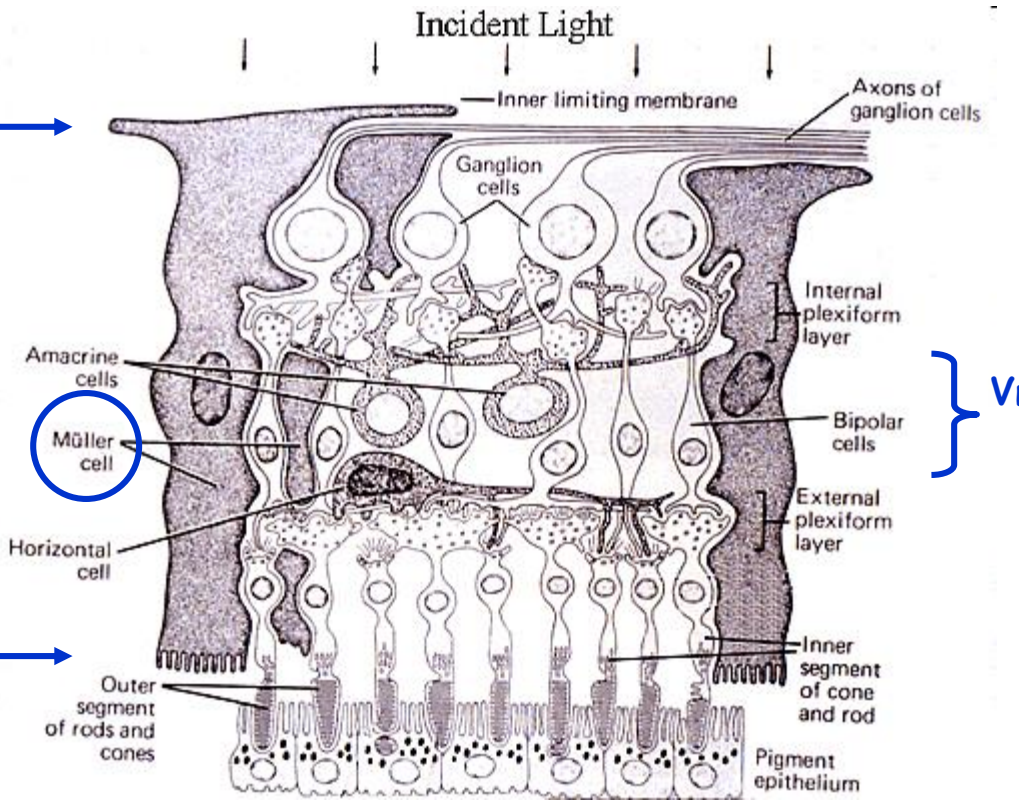


Podpůrné buňky sítnice 2
Mullerovy buňky

= **modifikované glie CNS**

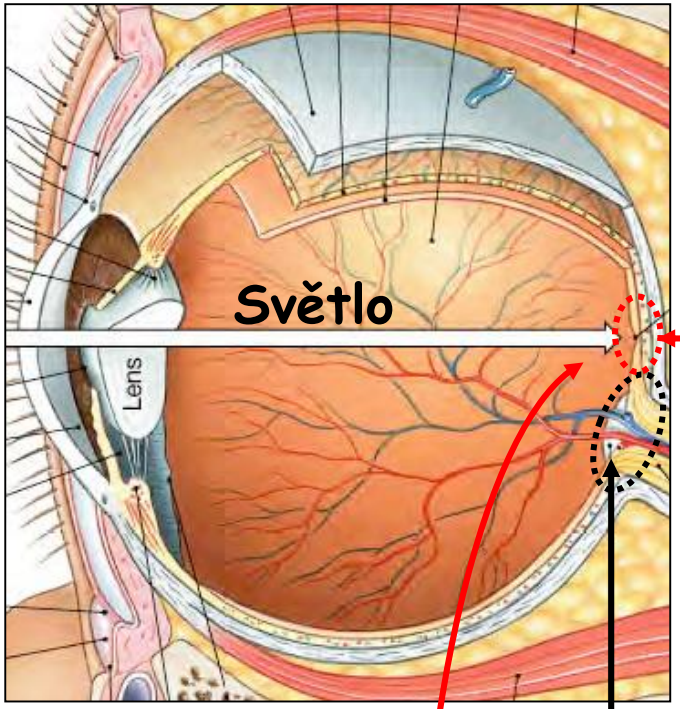
Membrana limitans interna

Membrana limitans externa



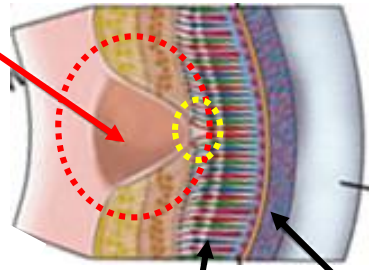
Vnitřní vrstva jádrová

„Vidí sítnice všude stejně"



Žlutá skrna
(macula lutea)

Centrální x Periferní vidění

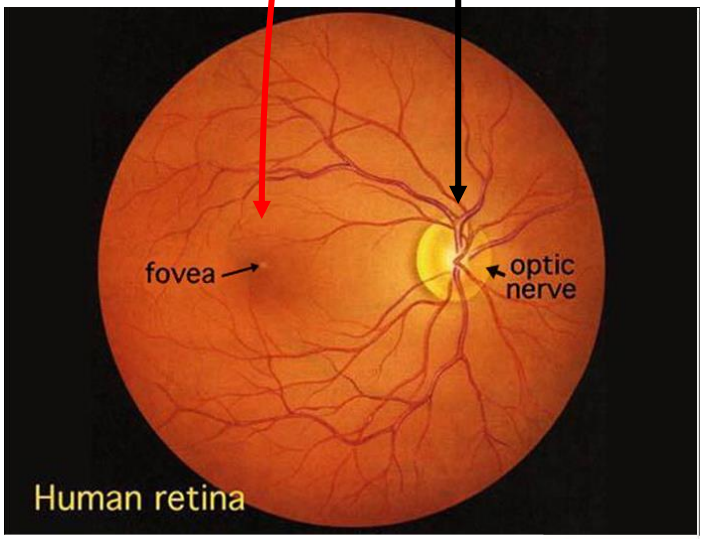


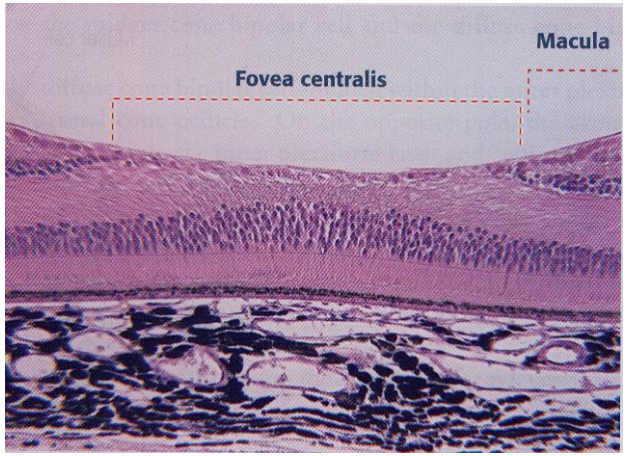
Sítnice

Cévnatka

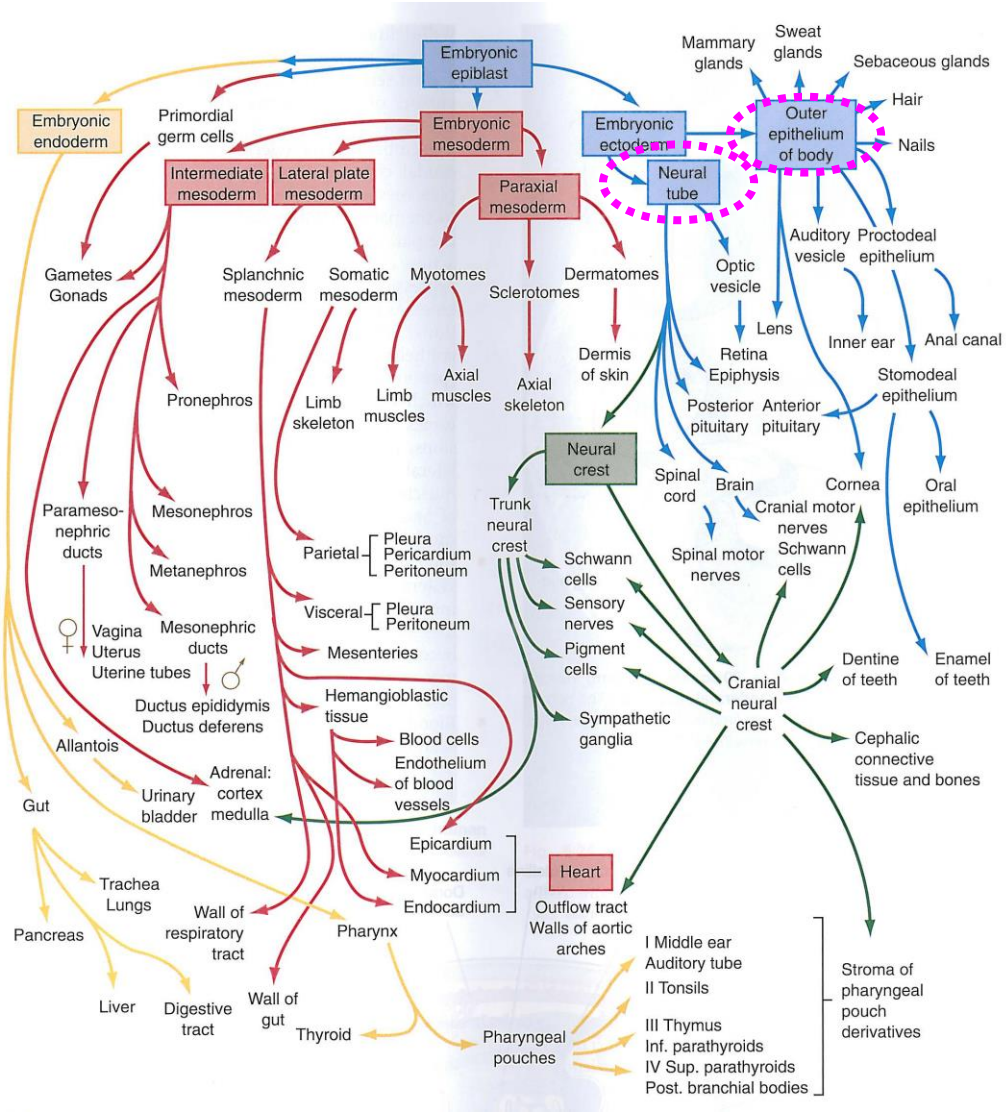
Disk zrakového nervu

Fovea centralis žluté skvrny = nejostřejší vidění

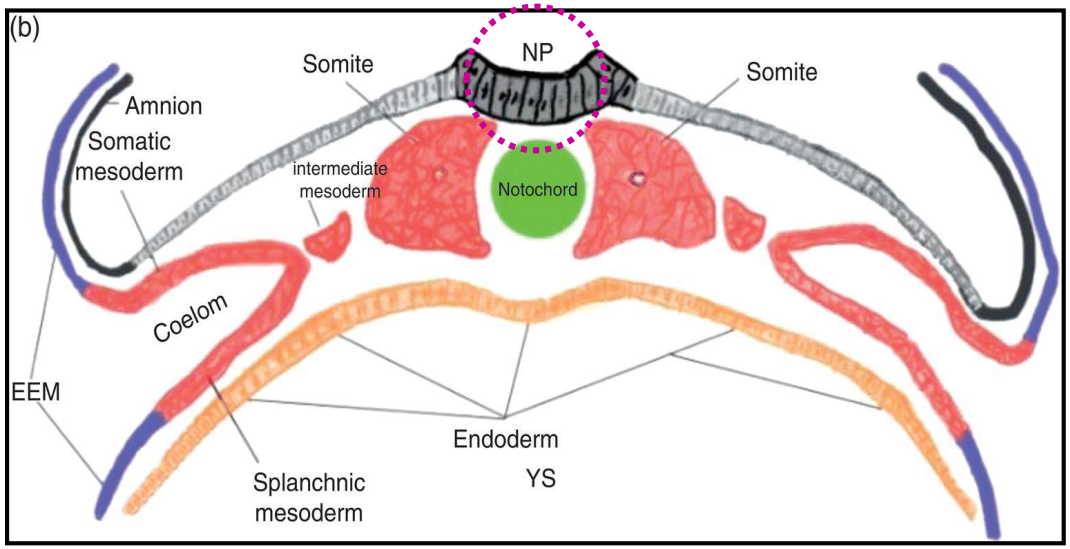


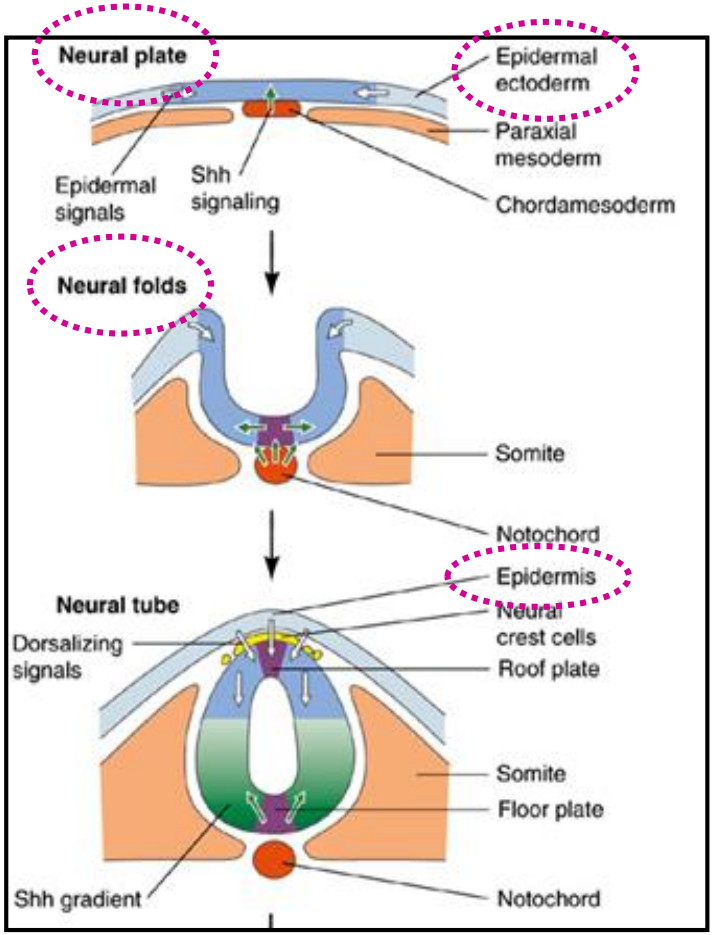


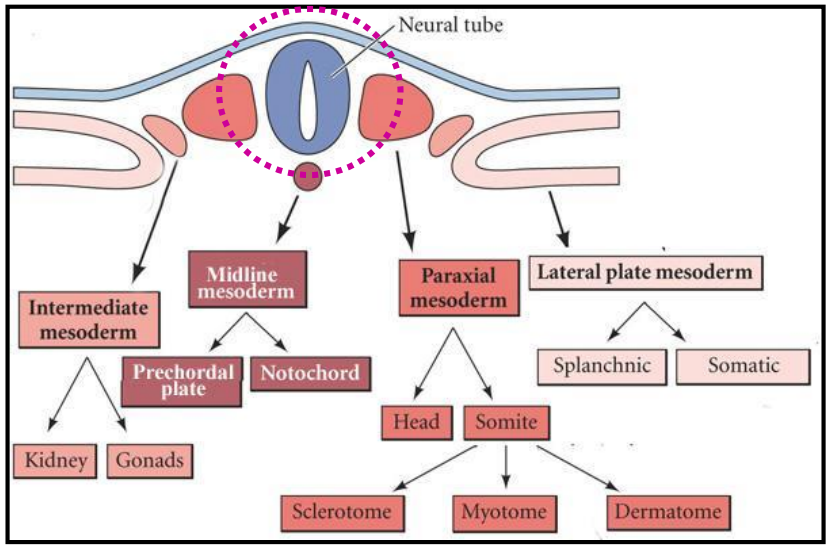
Vývoj smyslových orgánů – Celkový obrázek

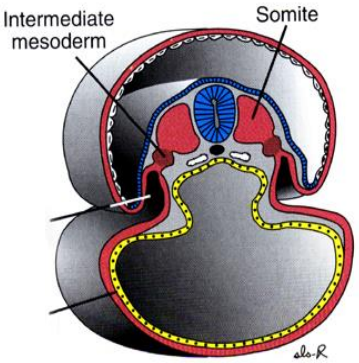


Smyslové orgány – Nervová trubice

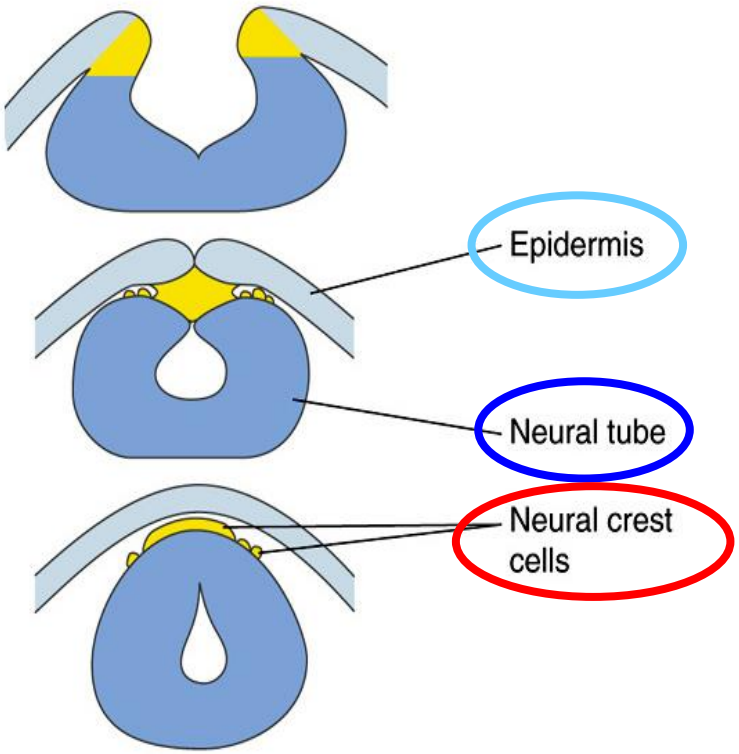






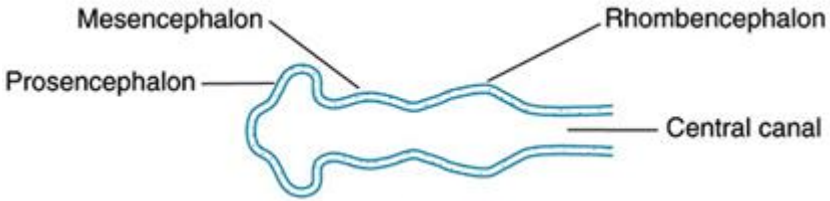


Smyslové orgány – Neurální lišta



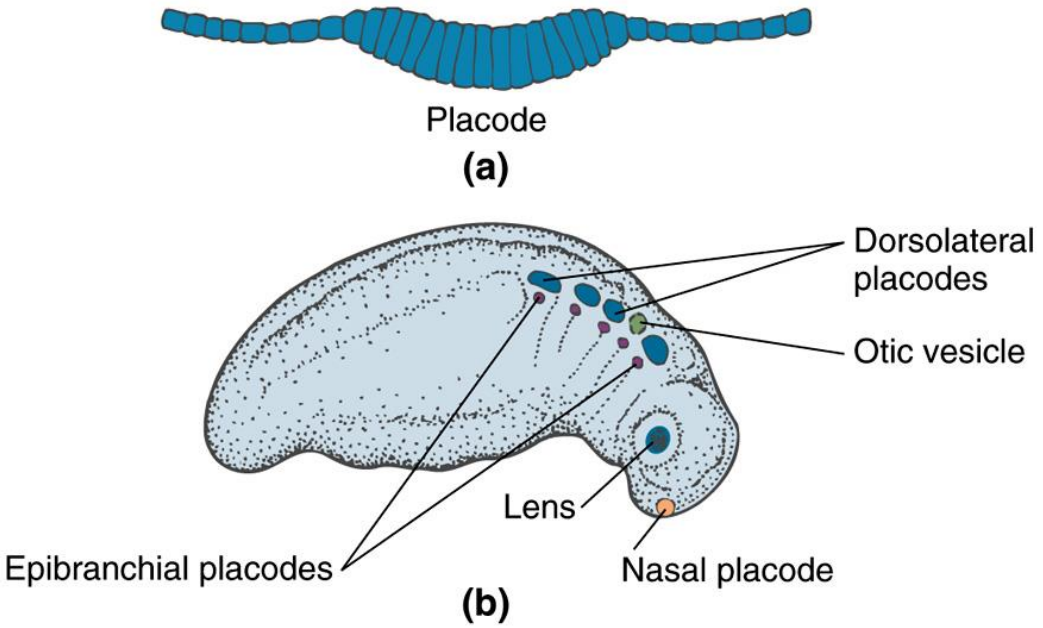
Vzniká z obou
dorzální epidermis a nervové ploténky

Smyslové orgány – Kraniální část nervové trubice + Plakody



Mozek po 4 týdnech vývoje

Plakody: **okrsky nahuštěného cylindrického epitelu v epidermis pokrývajícím hlavovou část zárodku – jejich formování je indukováno pod ním ležící nervovou tkání a mesenchymem – vyvíjí se ve 4 týdnu**



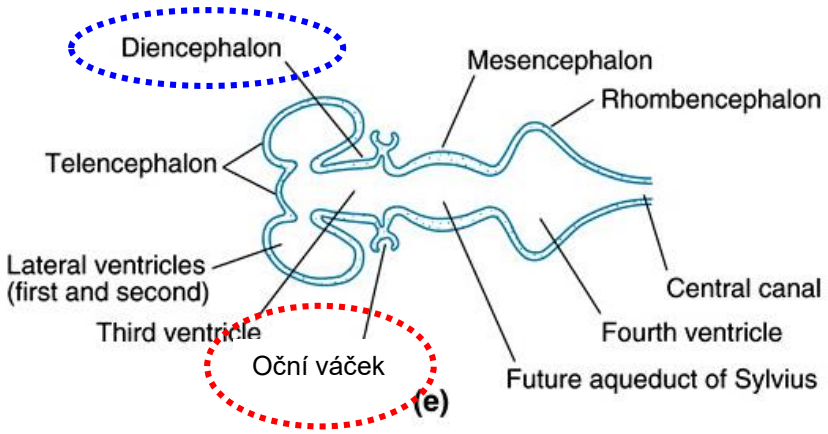
Dorsolaterální plakody
Přispívají k vývoji:
- oka – plakoda čočky
- ucha – ušní plakoda
- sensorického epitelu nosu – nazální plakoda
- sensorických ganglií

Epibranchiální plakody
Dávají vznik:
- sensorickým gangliím hlavových nervů (V, VII, IX, X)

Smyslové orgány – Vývoj oka 1

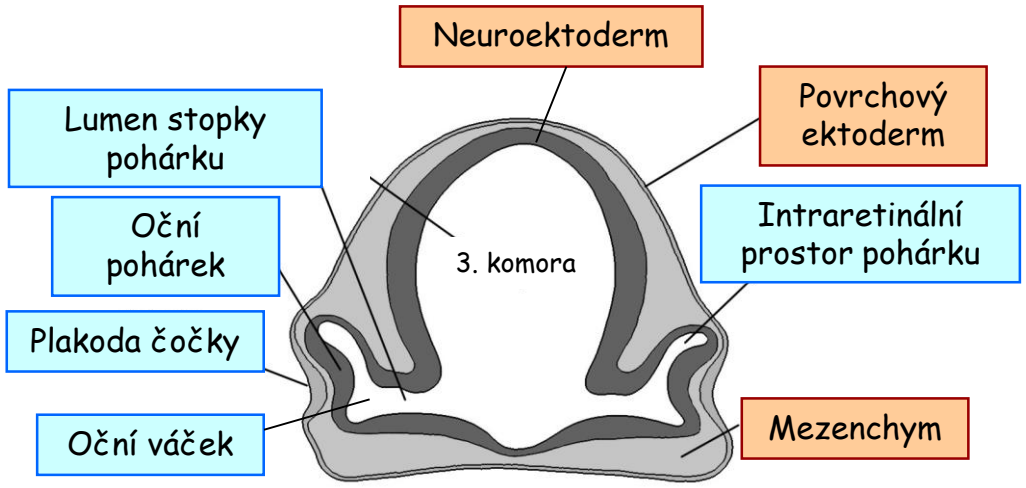
22 týden – první známky vývoje oka

- **vklesliny po stranách předního mozku**
- **oční výchlipky předního mozkového váčku**



Mozek po 4 týdnech vývoje

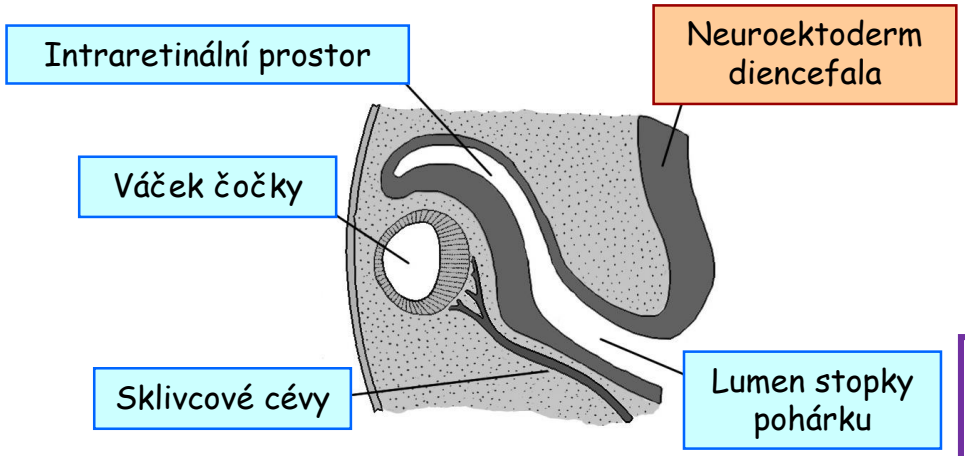
Smyslové orgány – Vývoj oka 2



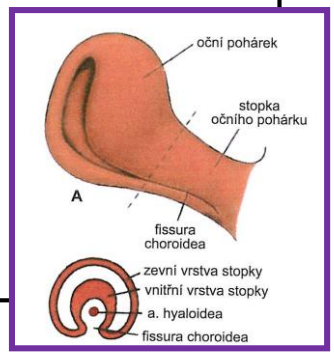
Příčný řez v úrovni prozencefala – cca 30 dní

Smyslové orgány – Vývoj oka 3

Další vchlipování, přechází i na stopku očního pohárku – **fissura choroidea**.
Kondenzace mezenchymu ve f.choroidea – sklivcové cévy (a. a v. hyaloidei).



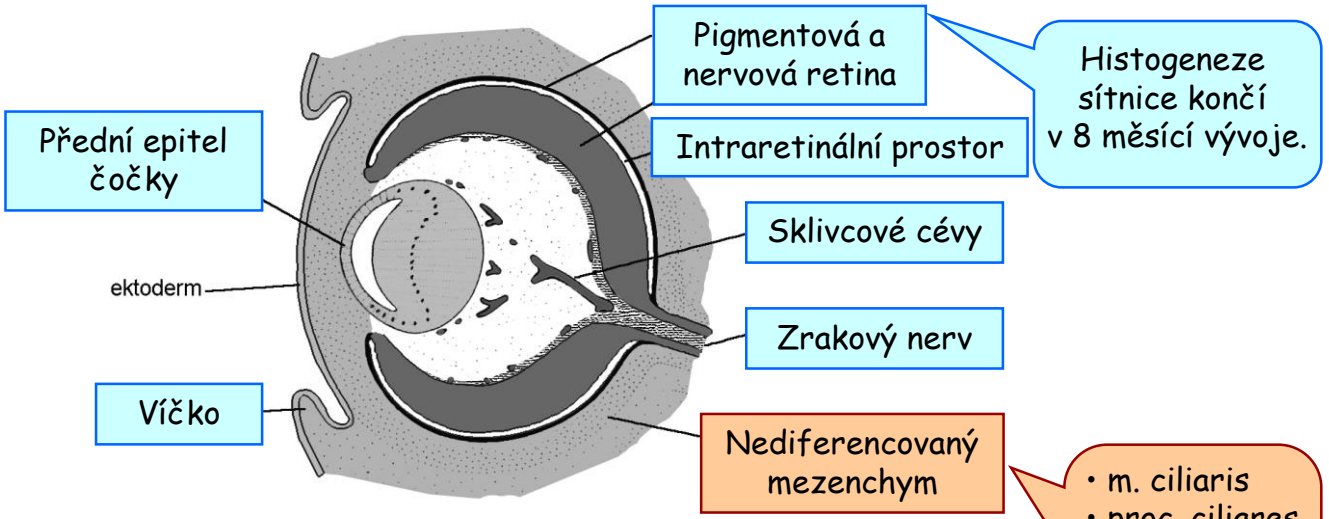
Příčný řez v úrovni diencefala – cca 6 týdnů



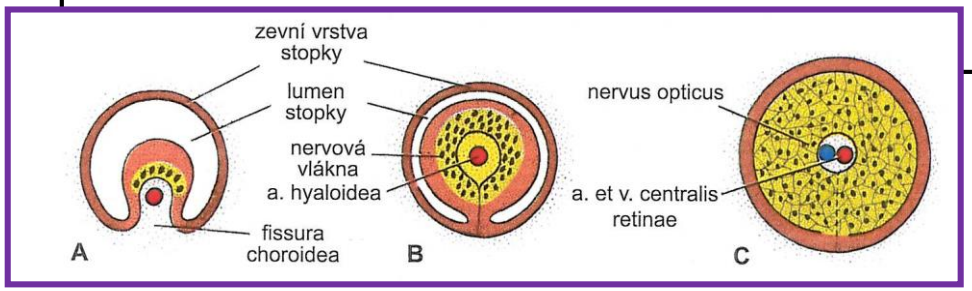
Smyslové orgány – Vývoj oka 4

Fissura choroidea se uzavírá – vzniká zrakový nerv.

Čočkový váček se odškrcuje – zaujímá centrální pozici – vzniká jádro čočky s prvními vlákny



Příčný řez vyvíjejícím se okem – cca 7 týdnů



Děkuji za pozornost !