

# **Mikroskopická stavba oka**

# Zkouškové otázky

Nakresli meridionální řez oční koulí a popiš její stavbu (vrstvy stěny a obsah).

Mikroskopická stavba oka: rohovka, duhovka a řasnaté těleso. Akomodace.

Mikroskopická stavba oka: bělima, cévnatka a sítnice – slepý a světločivý oddíl. Přehled buněk sítnice. Princip konvergence.

Stavba a funkce dioptrických prostředí oka. Spojivka, víčko a slzný aparát. Okohybné svaly.

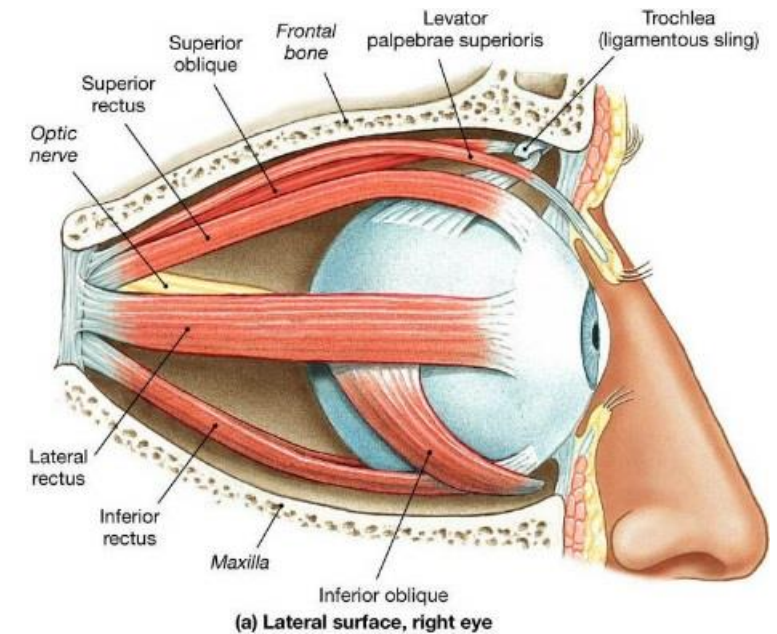
# Orgán zraku

Zpracovává asi 85% informací z okolí

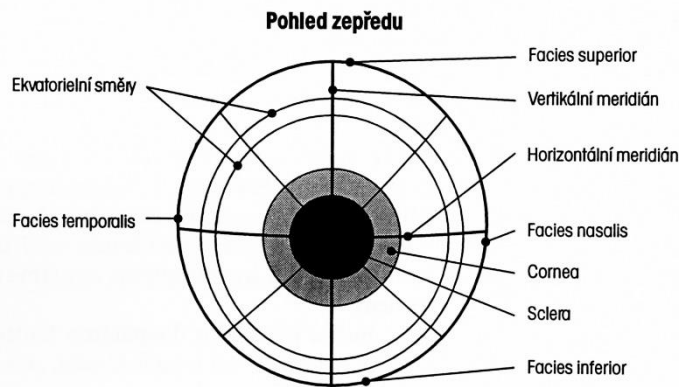
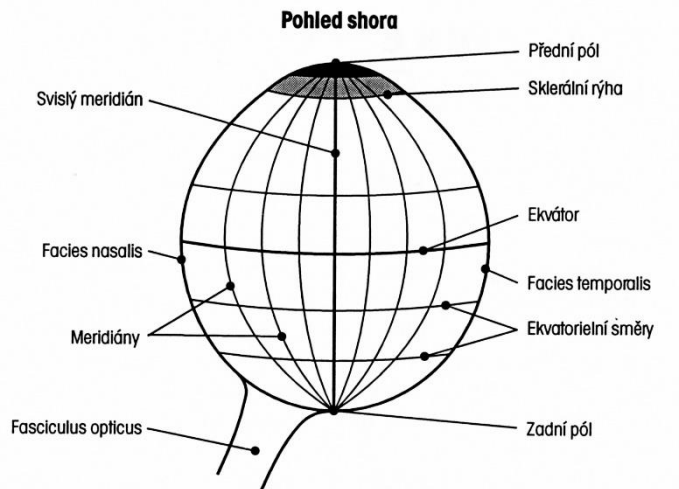
- Přijímá informace o intenzitě a barvě (vlnové délce) světla odraženého od objektů
- Má schopnost přenášet informace do CNS ke zpracování
- schopnost ostřit na objekty
- dostatečnou pevnost (odolnost) - oči jsou usazeny v ochranném prostředí lebky, v orbitách, obklopeny polštáři tukové tkáně, oko má zevní fibrózní vrstvu, zajišťující pevnost oční koule
- schopnost volného pohybu – minimální tření

# Orgán zraku

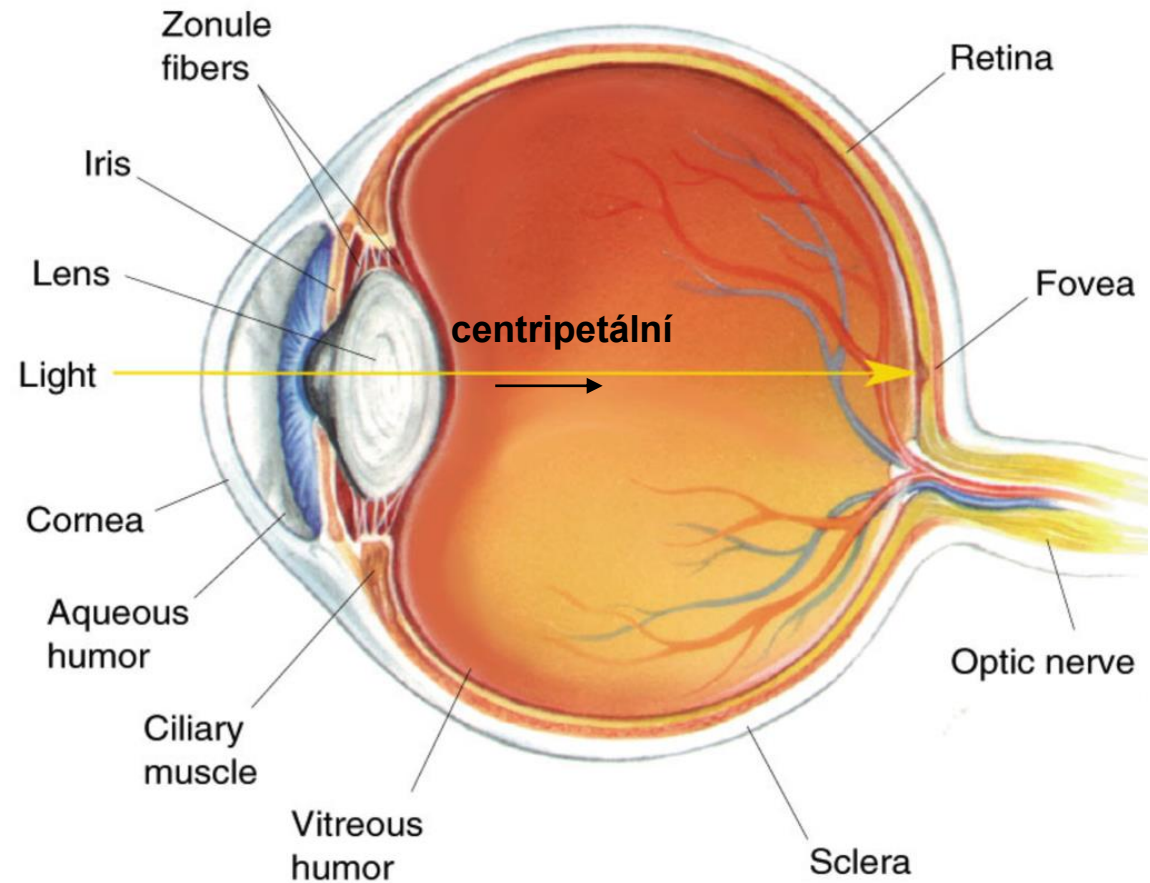
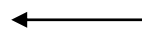
- **oční koule** - uložena v orbitě v tukovém vazivu (episklerální vazivo a vagina bulbi (Tenoni))
- **3 vrstvy stěny**
  - tunica externa (fibrosa) – z mezenchymu
  - tunica media (vasculosa) – z mezenchymu
  - tunica interna (nervosa) – z neuroektodermu
- **obsah**
  - komorový mok, čočka a sklivec
- **přídavné struktury oka**
  - víčko
  - spojivka
  - slzný aparát
  - okohybné svaly



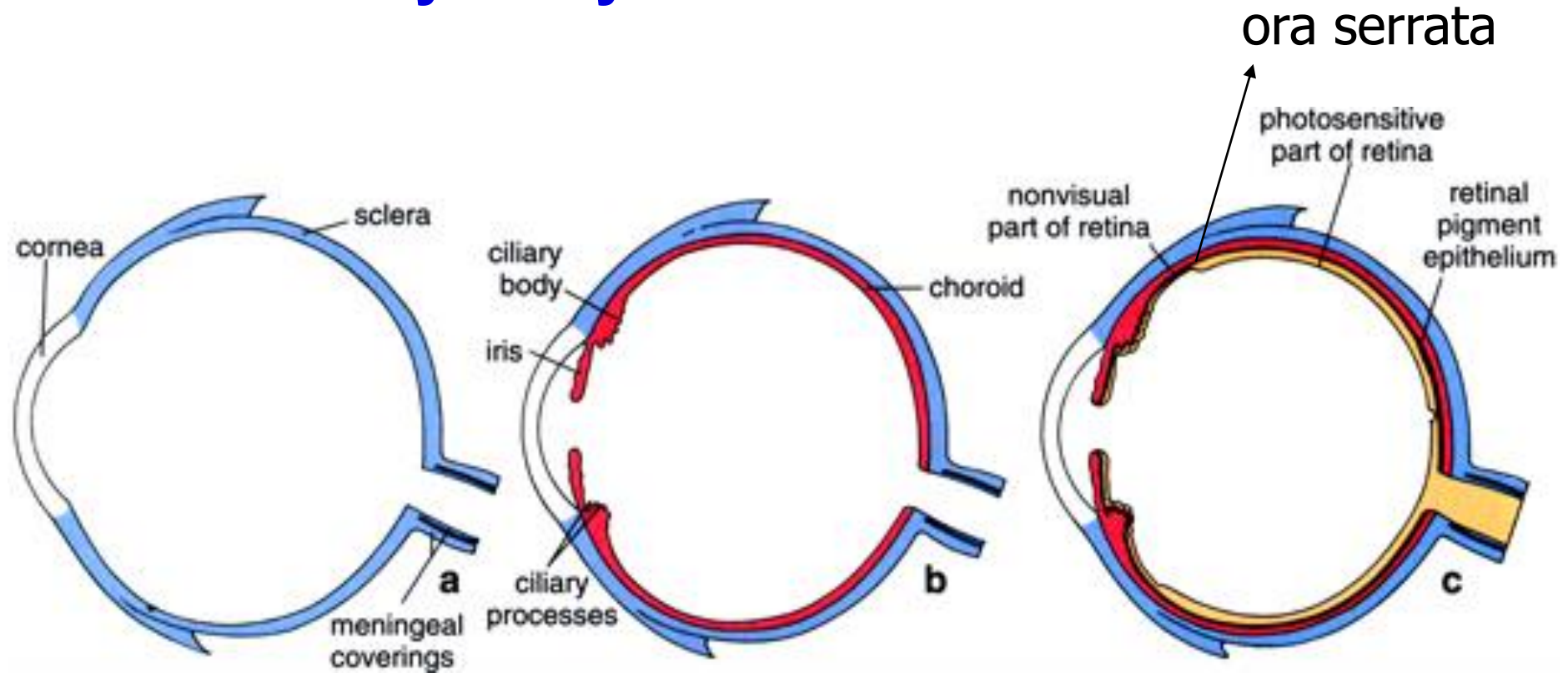
# Oční koule – ekvátor (rovník) a meridián (poledník)



centrifugální



# Oční koule – 3 vrstvy stěny

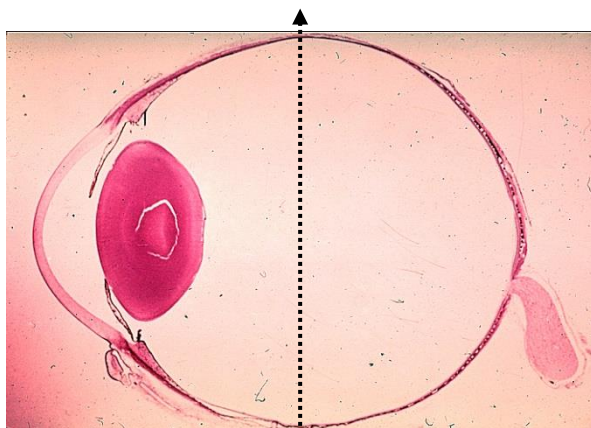


**Tunica  
externa  
(fibrosa)**

**Tunica  
media  
(vasculosa)**

**Tunica  
interna  
(nervosa)**

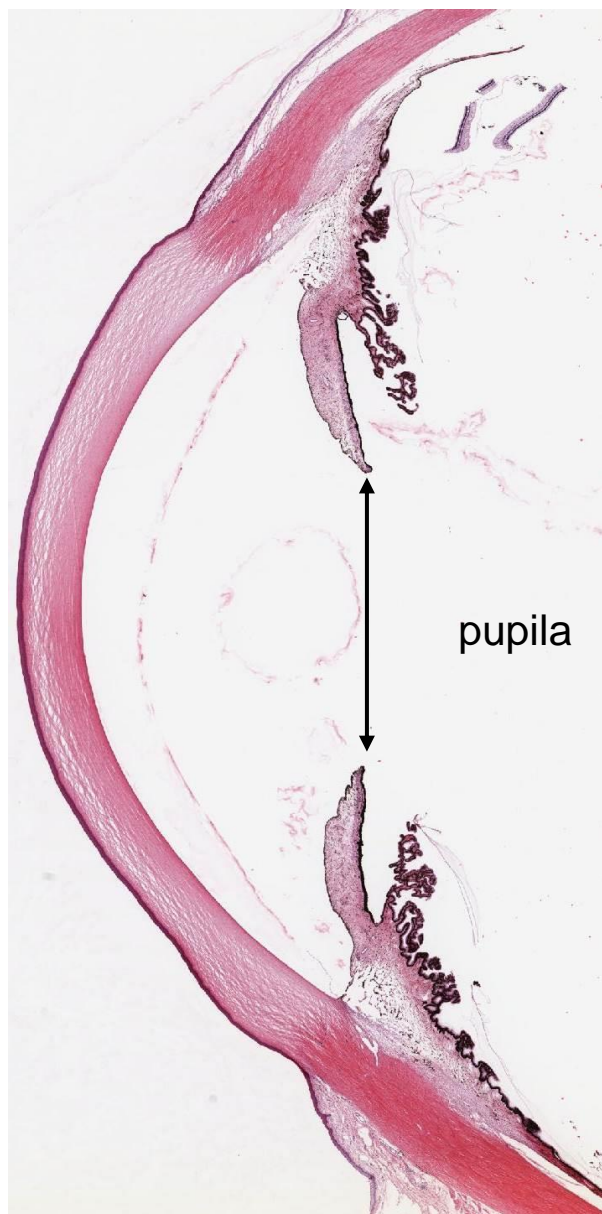
# Oční koule



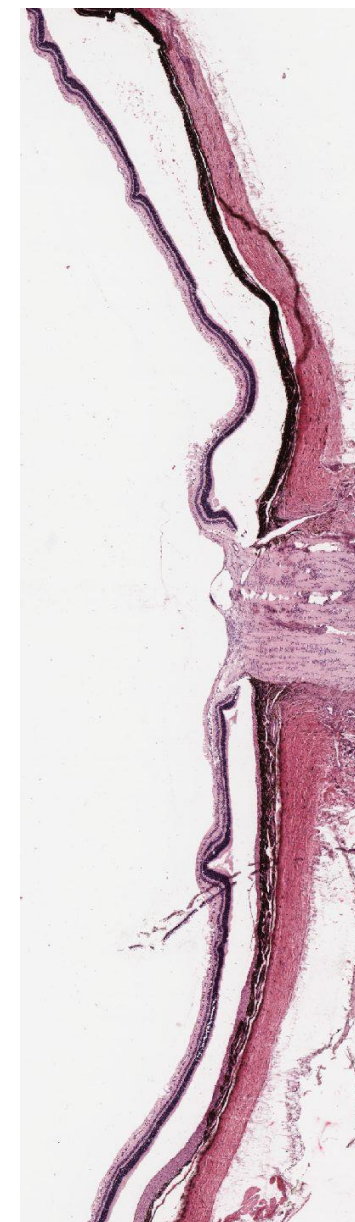
přední

zadní

segment oční

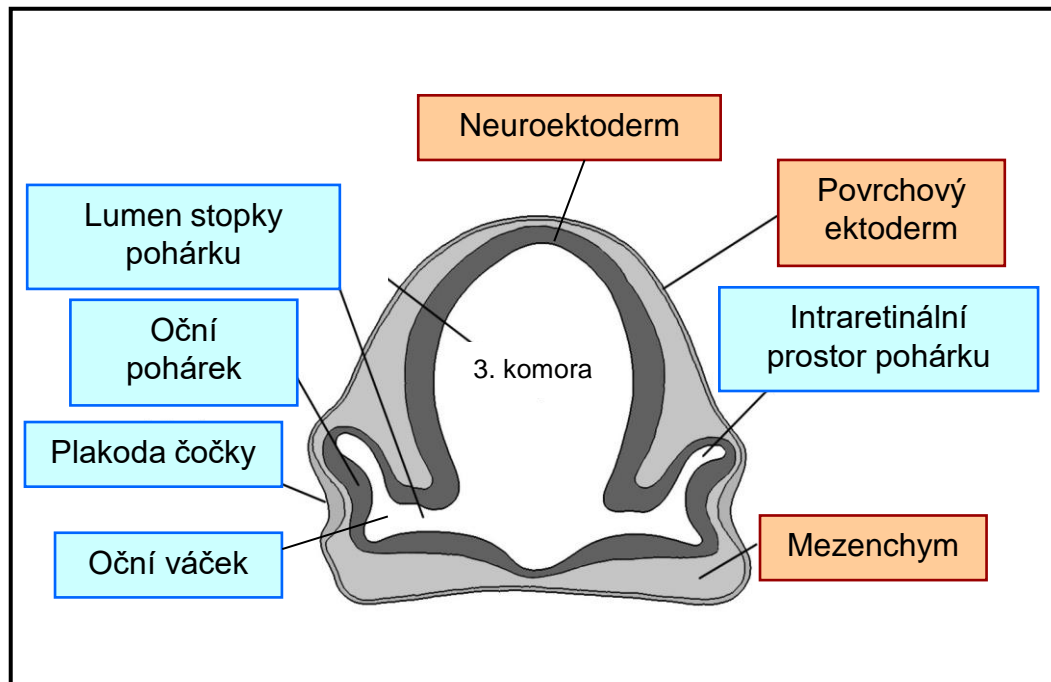


pupila



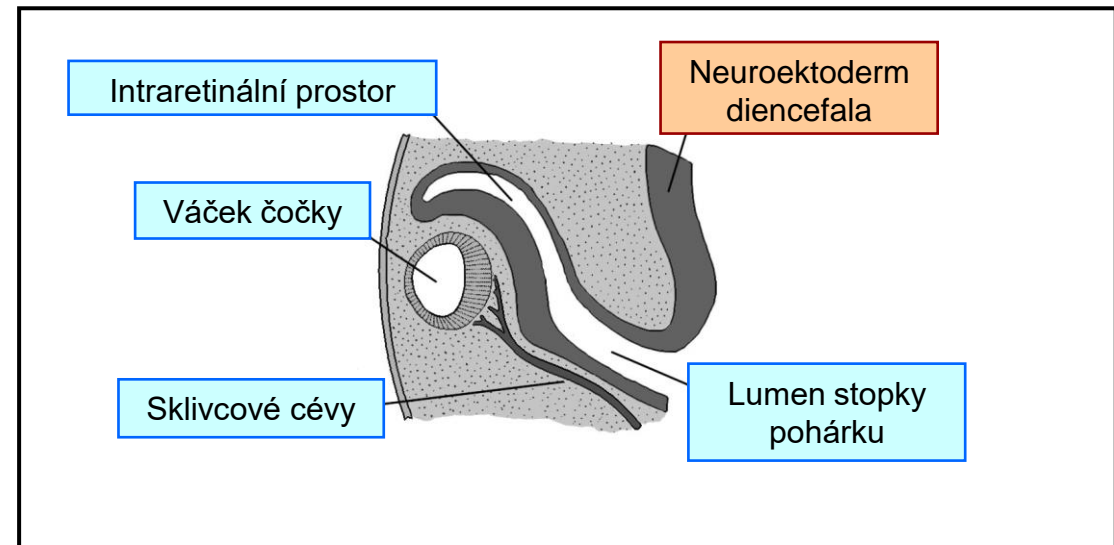
# Vývoj oka

Ve 3. týdnu se vytváří výchlípky proencefala směřující po uzavření nervové trubice (4. týden) k povrchovému ektodermu. V povrchovému ektodermu indukují vznik čočkové plakody. Z výběžku se vytváří váček, jehož přední strana se vchlipuje a vzniká oční pohárek.



Příčný řez v úrovni proencefala – cca 30 dní

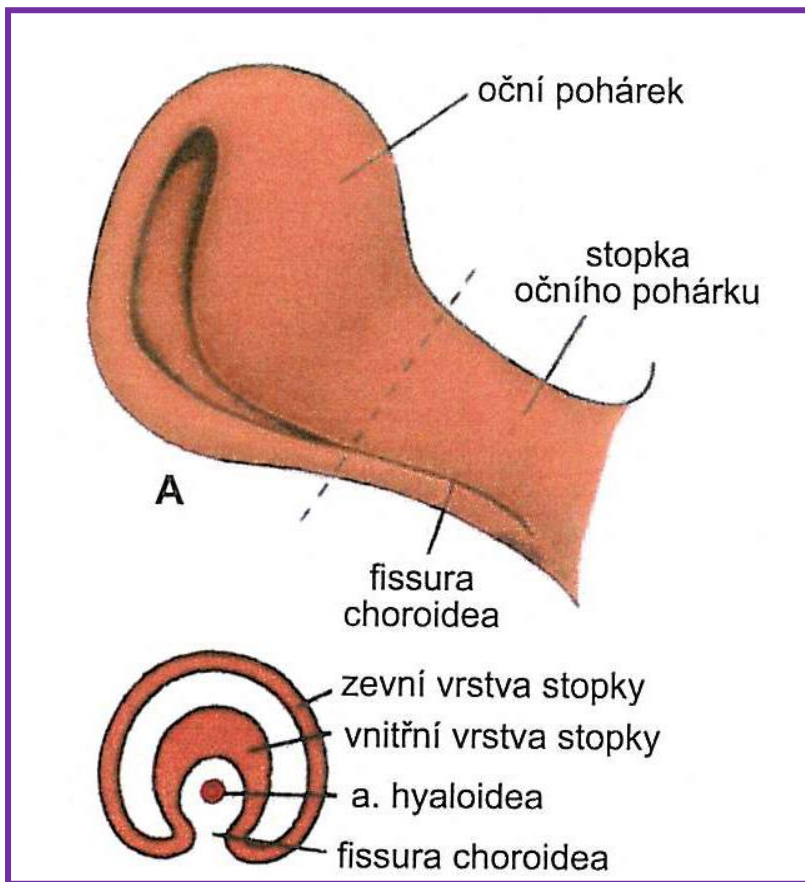
Další vchlipování přechází i na stopku očního pohárku – **fissura choroidea**. Kondenzace mezenchymu ve f.choroidea – sklivcové cévy (a. a v. hyaloidei).



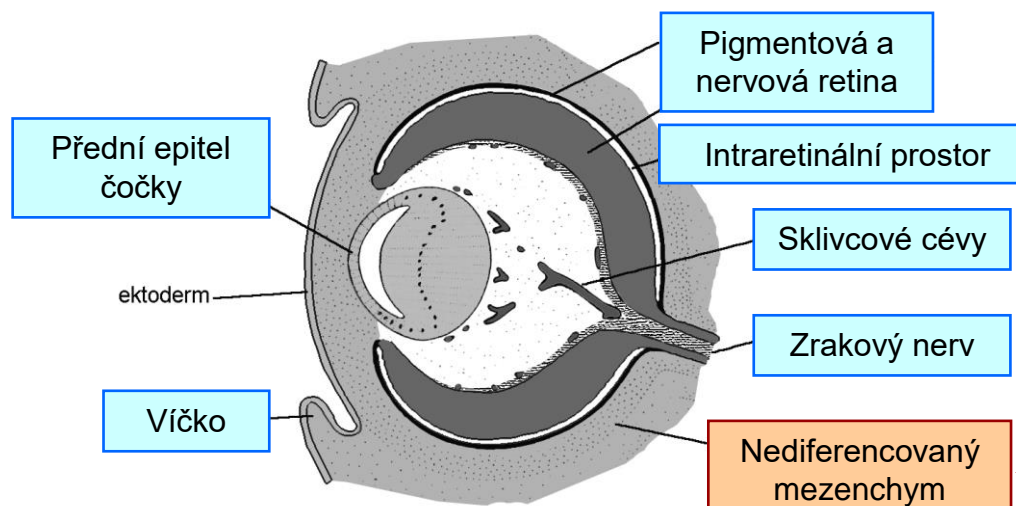
Příčný řez v úrovni diencefala – cca 6 týdnů



# Vývoj oka

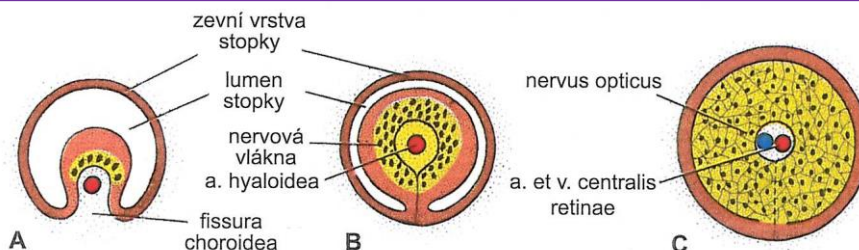


Fissura choroidea se uzavírá – uvnitř vzniká zrakový nerv.  
 Čočkový váček se odškrcuje – zaujímá centrální pozici – vzniká jádro čočky s prvními vlákny



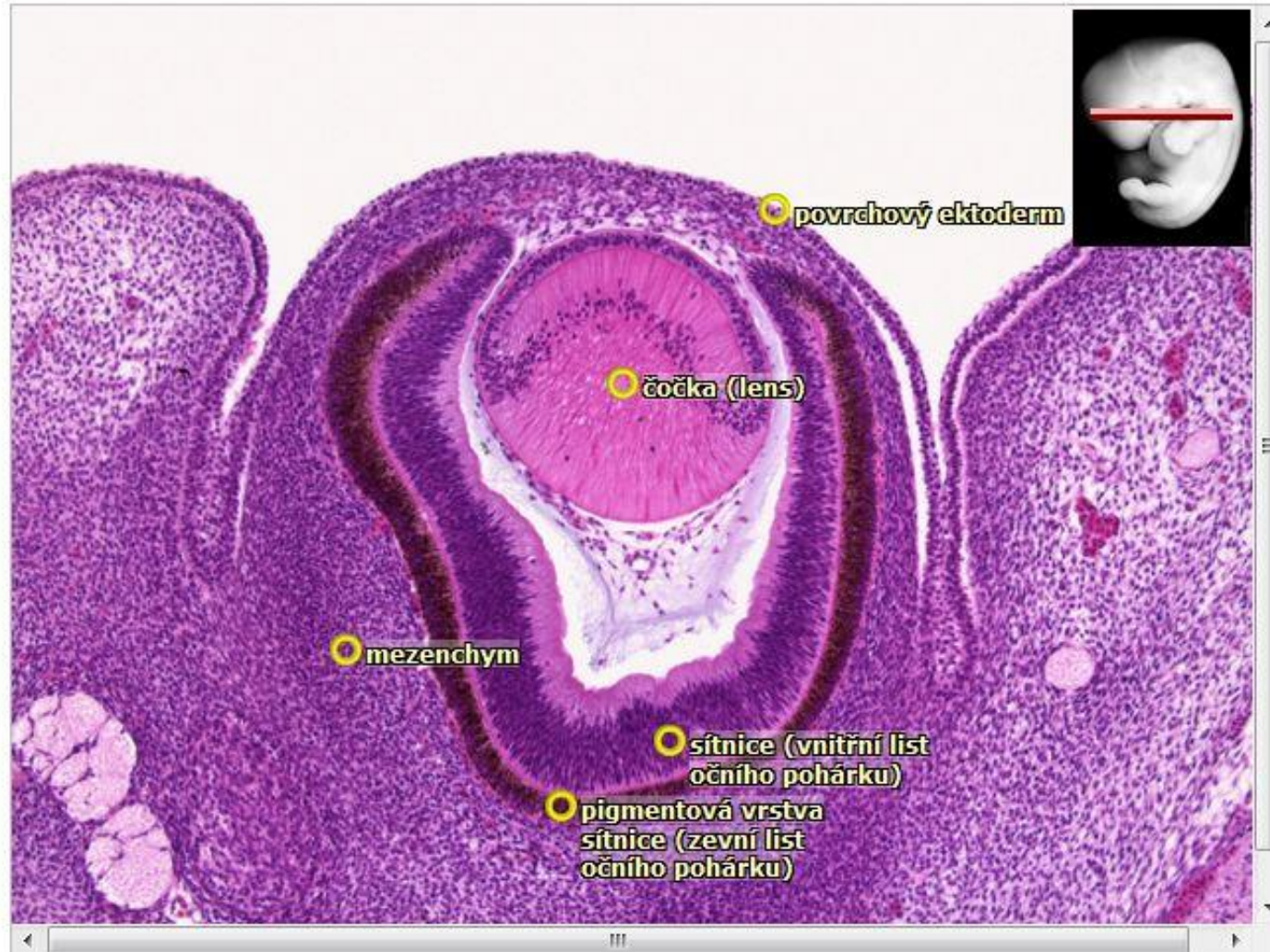
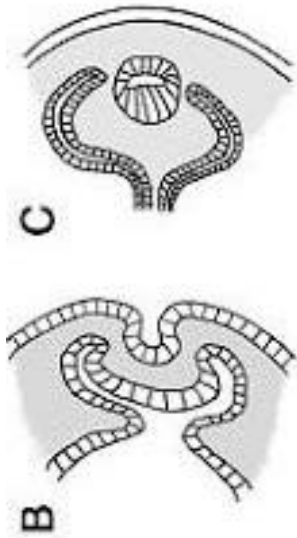
- m. ciliaris
- proc. ciliares
- stroma iridis
- cévnatka
- bělima
- sklivec

Příčný řez vyvíjejícím se okem – cca 7 týdnů



# Oční pohárek – zevní a vnitřní list

10-1 Zárodek člověka (7. týden) – příčný řez, HE, zvětšení 100x



Na celou obrazovku

Skrýt popisky

Vyzkoušejte se

Z neuroektodermu očního pohárku se postupně diferencují jednotlivé vrstvy sítnice. Z povrchového ektodermu se oddělila čočka, která je zcela vyplněna čočkovými vlákny – rostoucími buňkami zadního epitelu čočky.

# Oční pohárek – zevní a vnitřní list

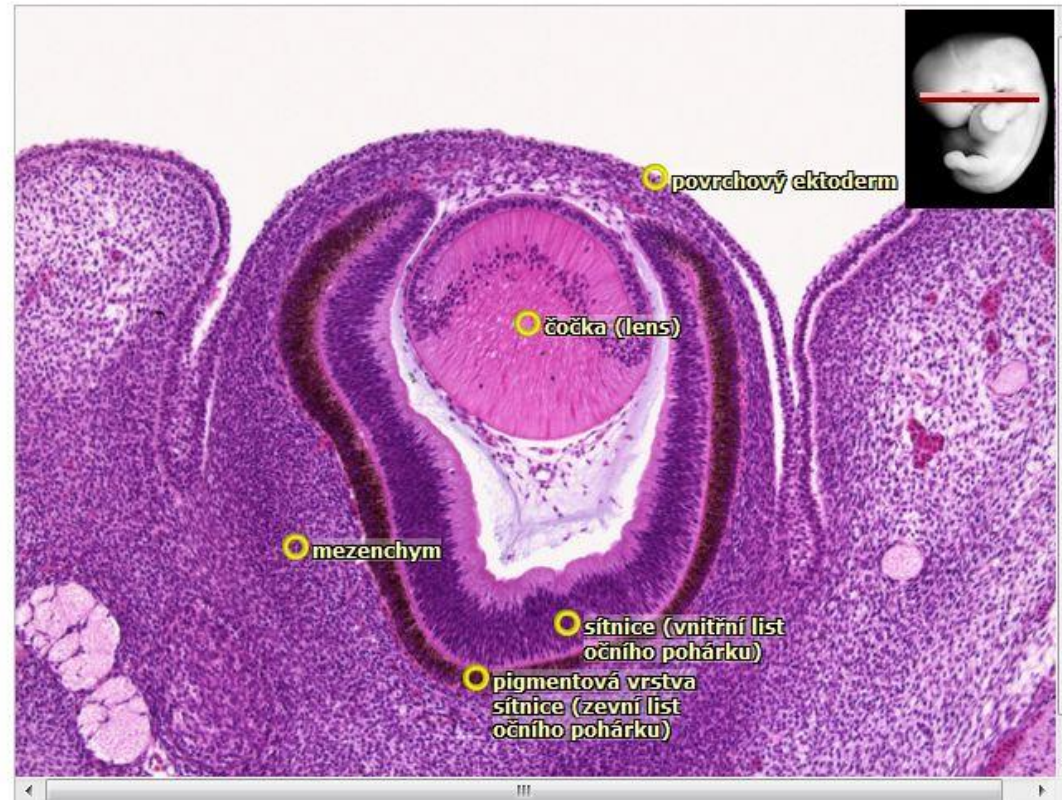
## pars caeca retinae

(pars ciliaris, pars iridica) – dvouvrstevný epitel – zevní a vnitřní vrstva buněk

## pars optica retinae

- vlastní sítnice – v užším smyslu – světločivá
- zevní vrstva – vrstva pigmentových buněk
- vnitřní vrstva – derivuje ve zbylých 9 vrstvách sítnice obsahujících neurony a glie (Müllerovy bb)

10-1 Zárodek člověka (7. týden) – příčný řez, HE, zvětšení 100×



Na celou obrazovku

Skrýt popisky

Vyzkoušejte se

Z neuroektodermu očního pohárku se postupně diferencují jednotlivé vrstvy sítnice. Z povrchového ektoodermu se oddělila čočka, která je zcela vyplněna čočkovými vlákny – rostoucími buňkami zadního epitelu čočky.

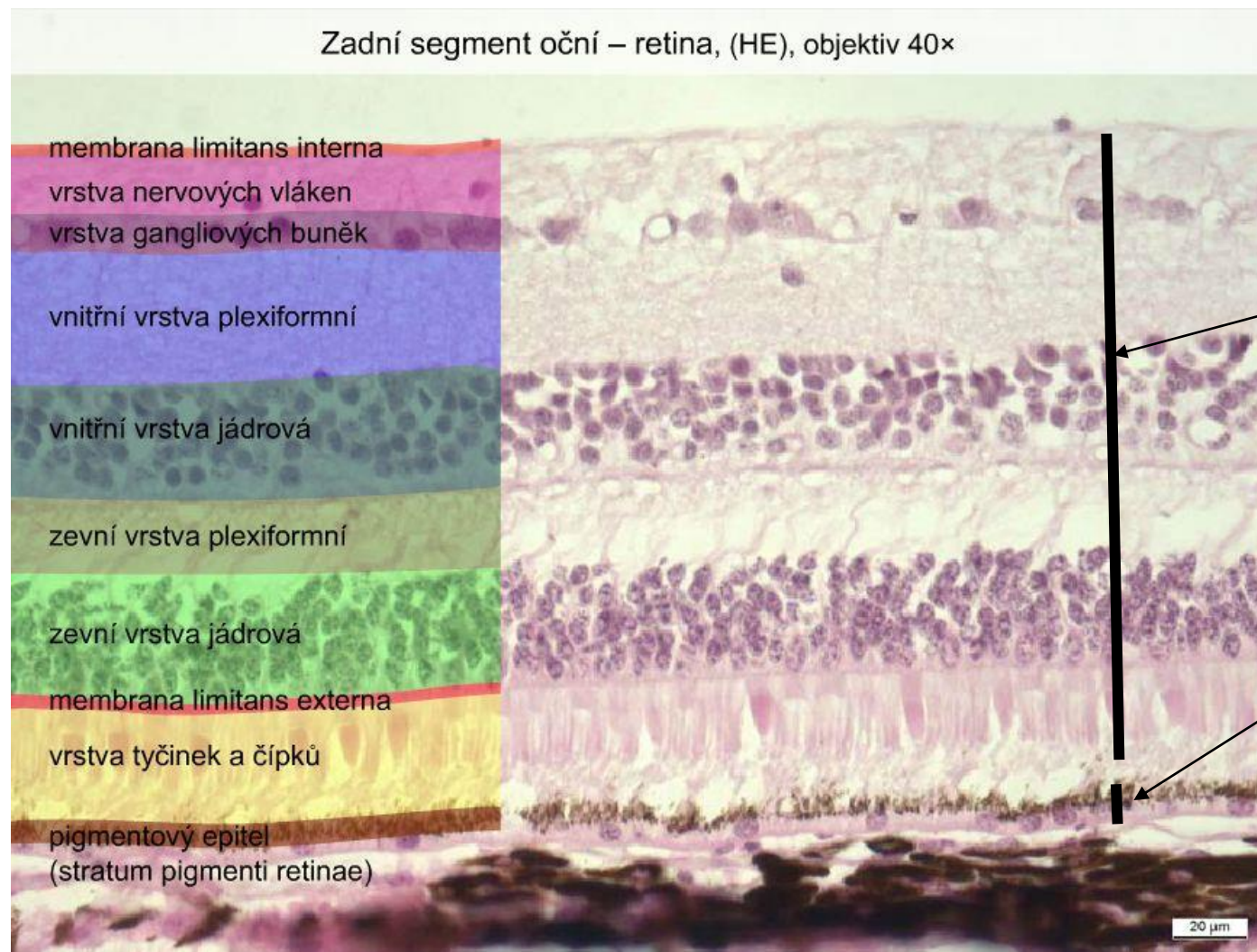
# Řasnaté těleso – pars caeca retinae – pars ciliaris

Vnitřní vrstva  
derivuje z  
vnitřního listu  
očního pohárku

Zevní vrstva  
derivuje ze  
zevního listu  
očního pohárku



# Sítnice – pars optica retinae



Vnitřních 9 vrstev  
sítnice derivuje z  
vnitřního listu  
očního pohárku

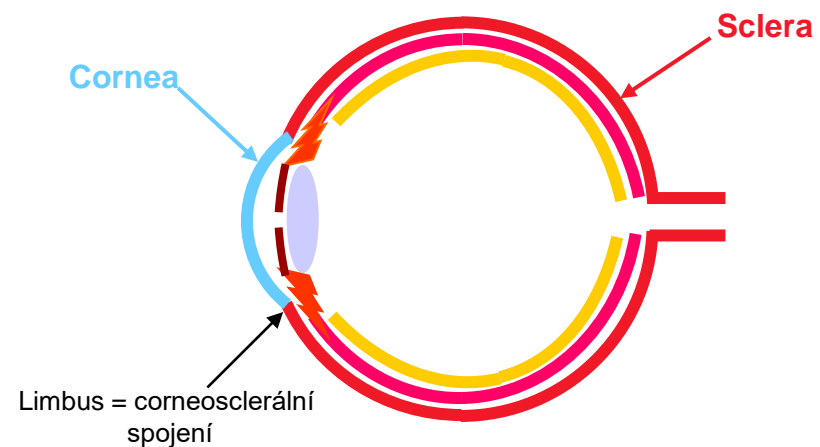
Zevní vrstva =  
pigmentový epitel  
derivuje ze  
zevního listu  
očního pohárku

## Vývoj ostatních struktur oka

- **Rohovka** – přední epitel – povrchový ektoderm, ostatní části z mezenchymu
- **Duhovka** - zadní epitel = slepá část sítnice – oční pohárek, *m. sphincter et dilatator pupillae* – neuroektoderm ostatní části z mezenchymu
- **Řasnaté těleso** – slepá část sítnice – oční pohárek, ostatní části z mezenchymu
- **Cévnatka a bělima** – okolní mezenchym

# Tunica externa (fibrosa) - stavba

- bělima (sclera) – 5/6
- rohovka (cornea) – 1/6
  
- husté kolagenní vazivo

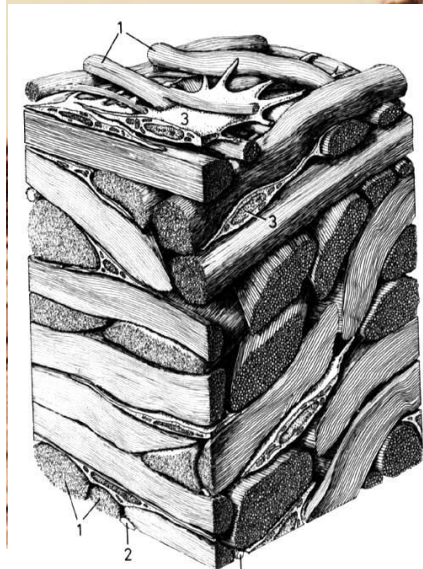
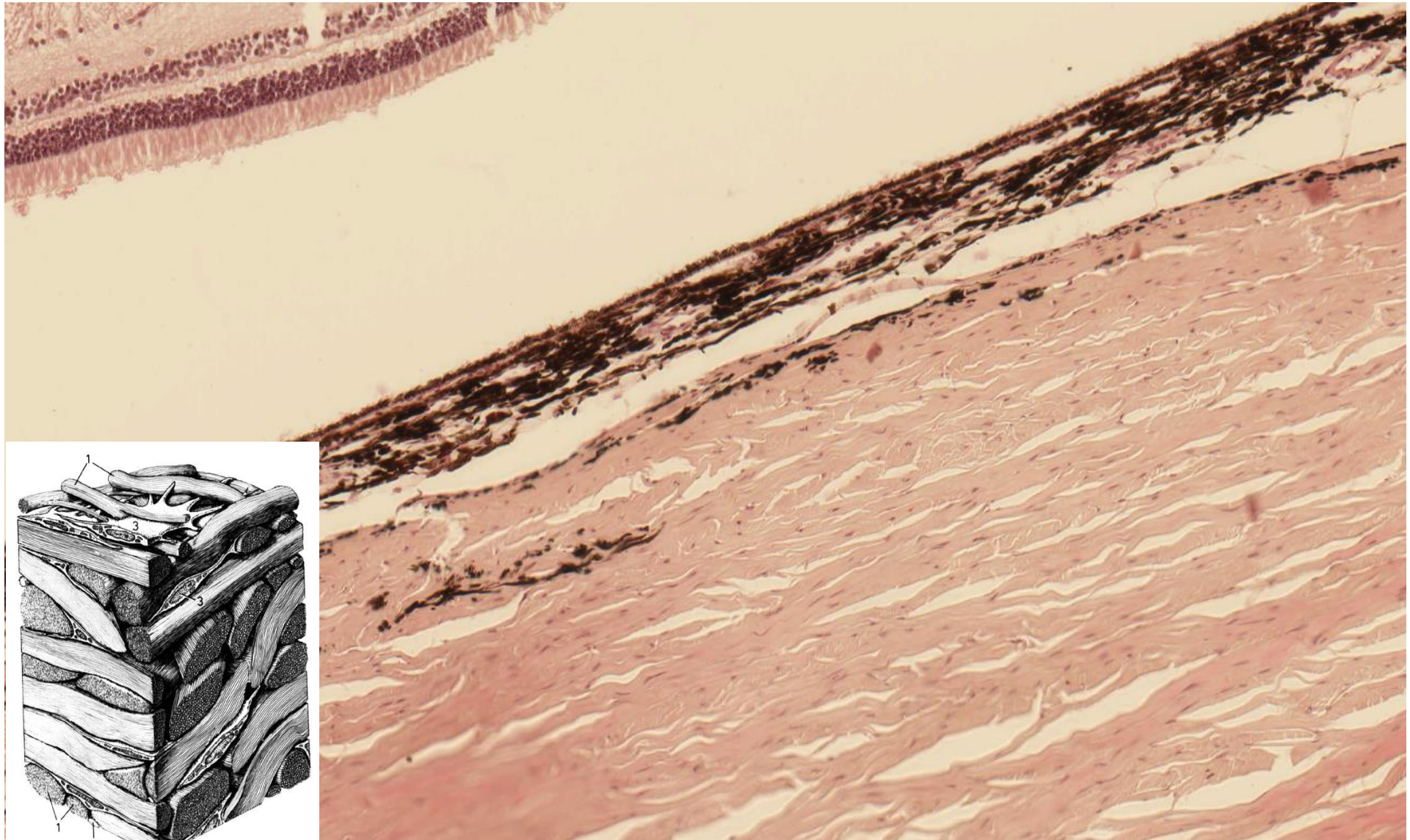


# Bělima (sclera)

- průměrná tloušťka 0,5 mm (tlustší v posteriorní části bulbu)
- modrobílá až nažloutlá barva
- **husté kolagenní vazivo neuspořádaného typu**
- svazky vláken kolagenu I, příměs elastických vláken, ojedinělé fibroblasty
- **relativně avaskulární** (velmi málo cév)
- upínají se do ní okohybné svaly
- zevně přechází do **řidkého episklerálního vaziva** (umožňuje volný pohyb oční koule, vyplňuje Tenonův prostor)
- episklerální vazivo spojuje bělimu s pouzdem očnice (Tenonova membrána)
- na vnitřní straně v kontaktu s cévnatkou - lamina suprachoroidea
- v místě odstupu fasciculus opticus je **lamina cribriformis sclerae** (otvůrky)



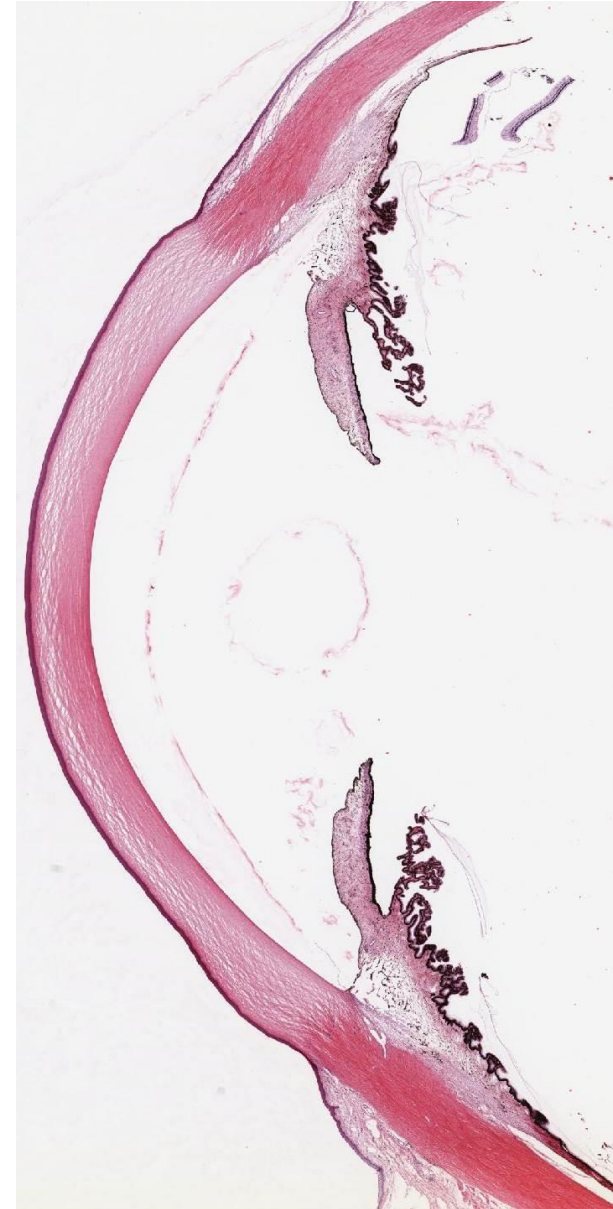
## Husté kolagenní vazivo neuspořádané - Bělima



<http://jmugica2003.blogspot.cz/>

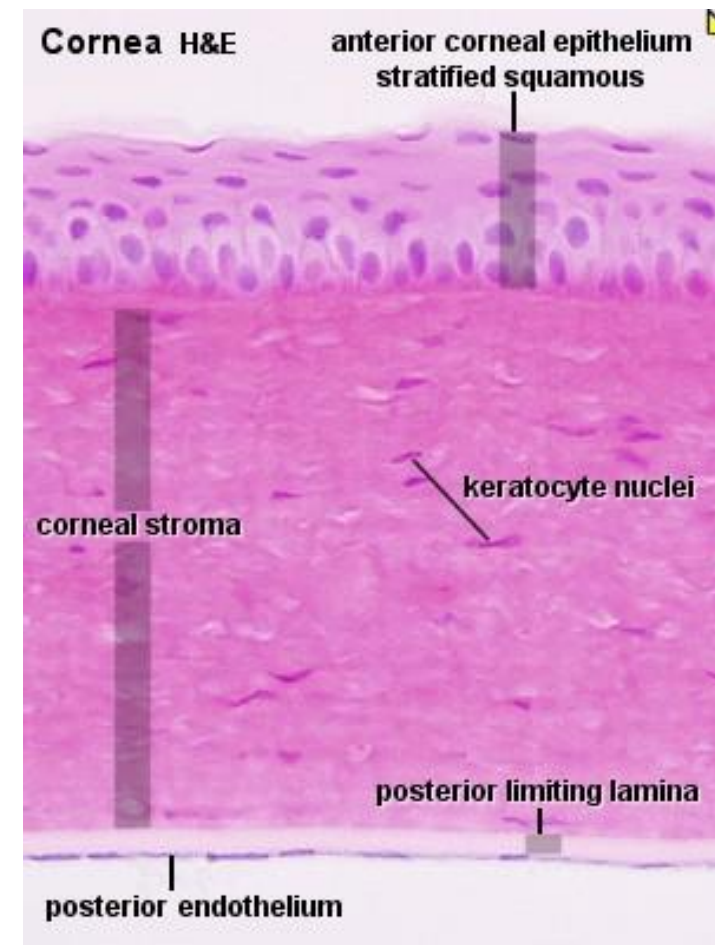
# Rohovka (cornea)

- průměrná tloušťka asi 0,9-1,0 mm
- bezbarvá
- transparentní
- zcela **avaskulární**
- dobře **inervovaná**
- 5 vrstev
- 2/3 celkové optické mohutnosti oka ~42D (62.5D)

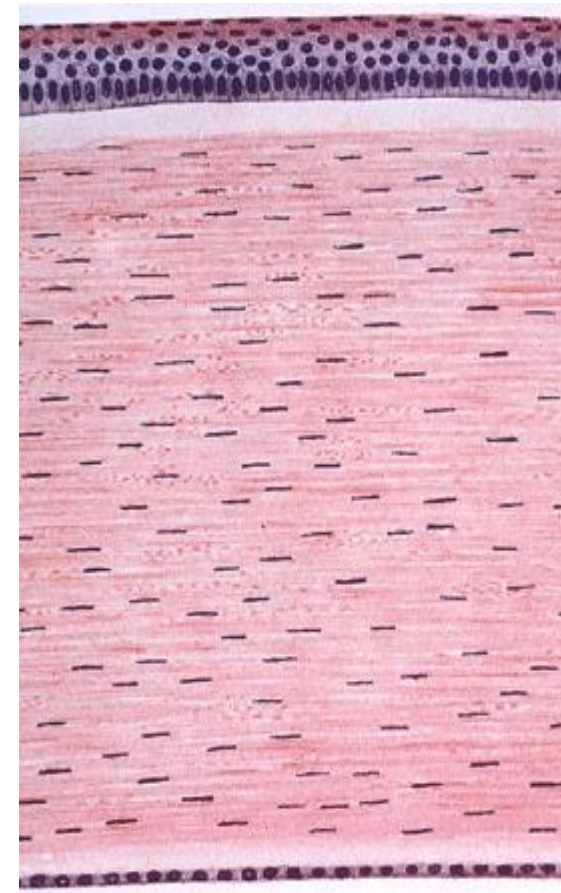
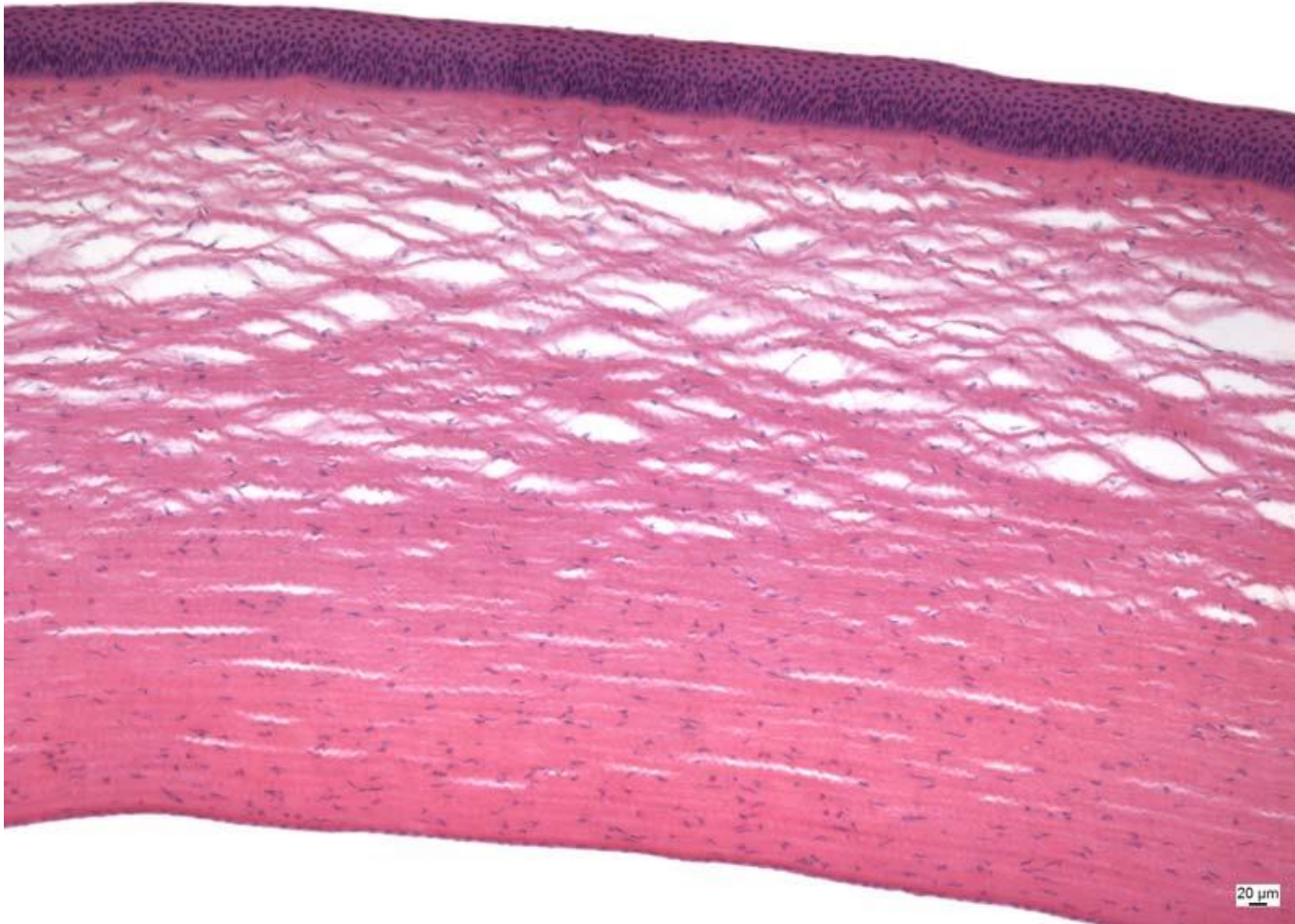


# Rohovka (cornea)

- **přední epitel** – vrstevnatý dlaždicový (5-6 vrstev), mikrokly, prekorneální **slzný film** (lipidy a glykoproteiny) - proti vyschnutí, **regeneruje**, bohatě **inervován**
- **Bowmanova membrána** – **lamina limitans anterior** – nebunečná blanka 8 -12  $\mu\text{m}$ , kolagen I, kondenzovaná mezibuněčná hmota, **nemá schopnost regenerace** (jizva!)
- **stroma rohovky (substantia propria corneae)** – **husté kolagenní vazivo uspořádané!**, lamely pravidelně uspořádaných kolagenních vláken typ I a V (v jedné lamelle vlákna paralelně, v další se jejich průběh otáčí o  $90^\circ$  (perpendikulárně), amorfní hmota – hlavně kys.hyaluronová a chondroitinsulfát (váže vodu), oploštělé keratocyty (fibrocyty), **uspořádání vláken+hydratace** → **průhlednost**
- **Descemetova membrána** – **lamina limitans posterior** – síť kolagenních a elastických vláken, **regeneruje!**
- **zadní epitel** – endotel (jednovrstevný plochý), udržuje správné stroma (bariéra, přečerpání vody), přechází na duhovku



# Rohovka (cornea)



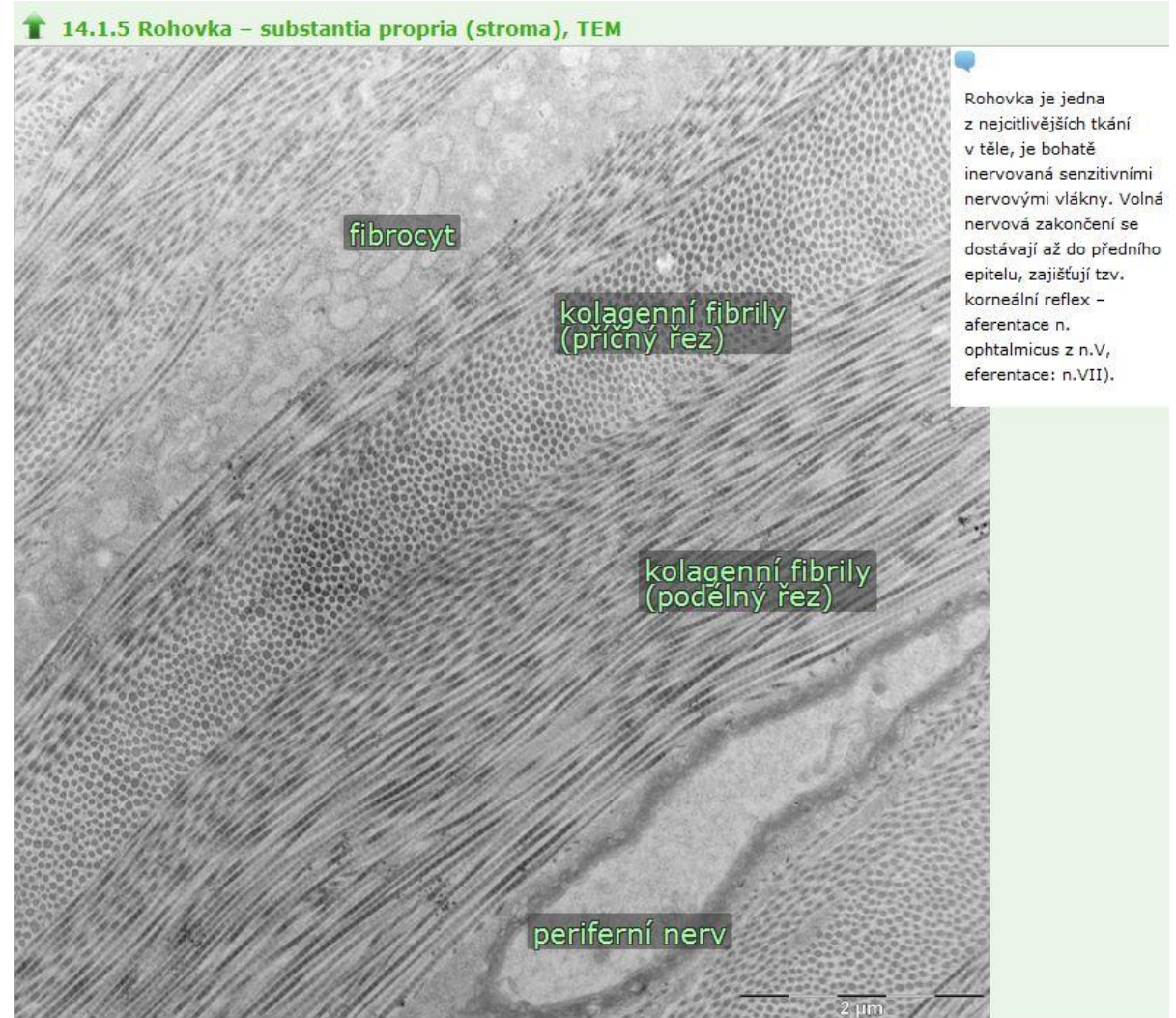
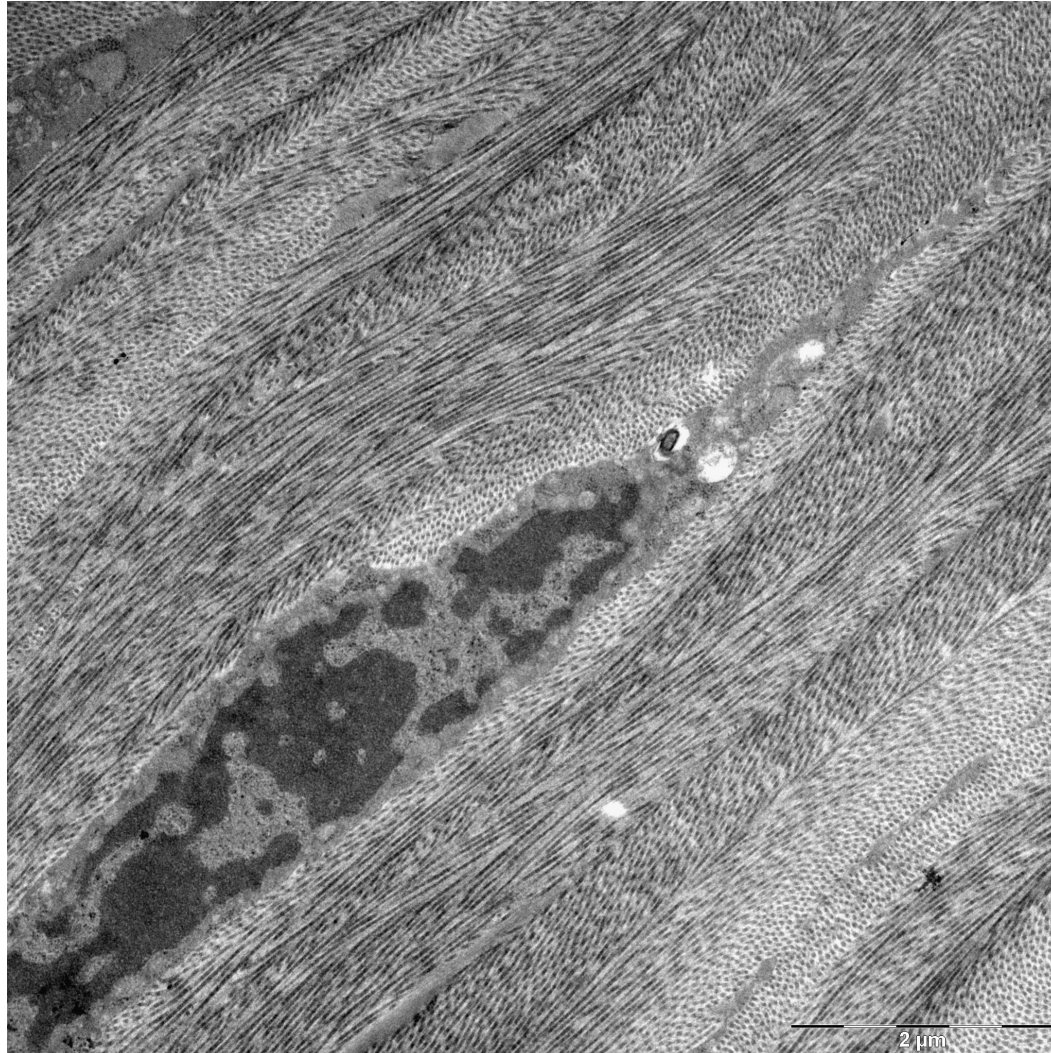
Přední epitel rohovky

Bowmanova membrána

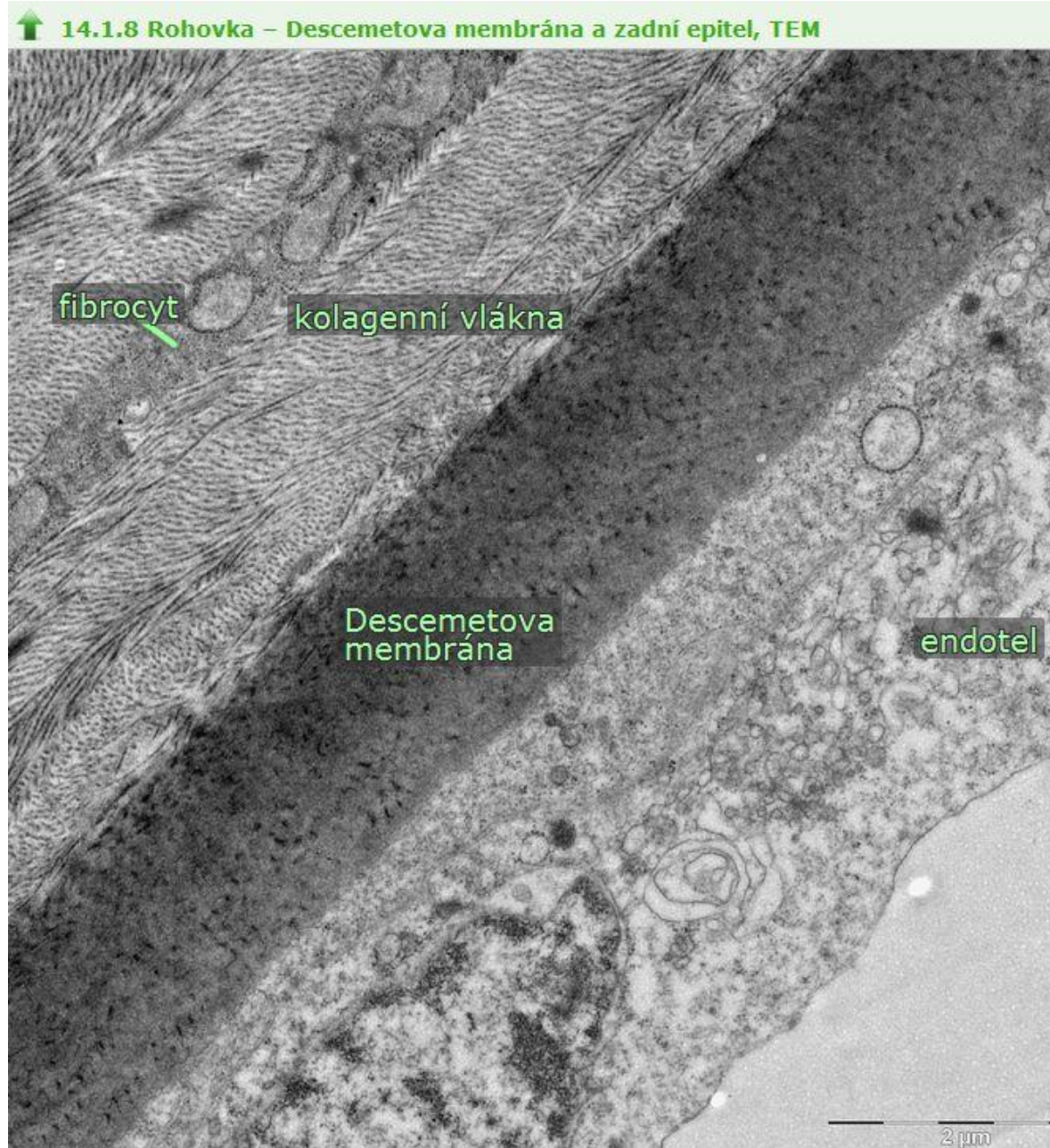
Substancia  
propria  
corneae

Descemetova membrána  
Zadní epitel rohovky

# Rohovka – uspořádání kolagenních vláken - lamely

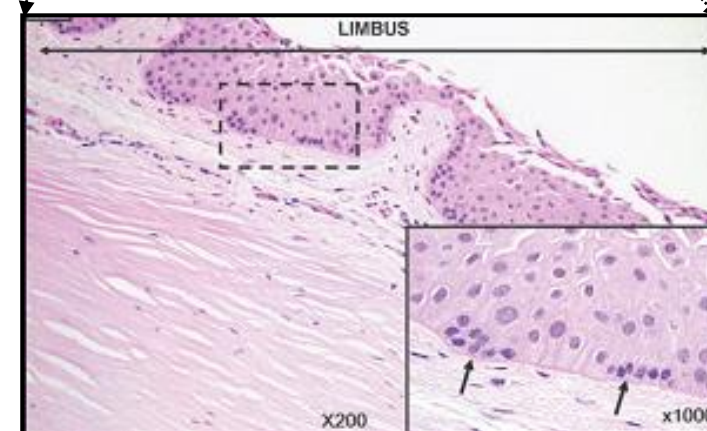
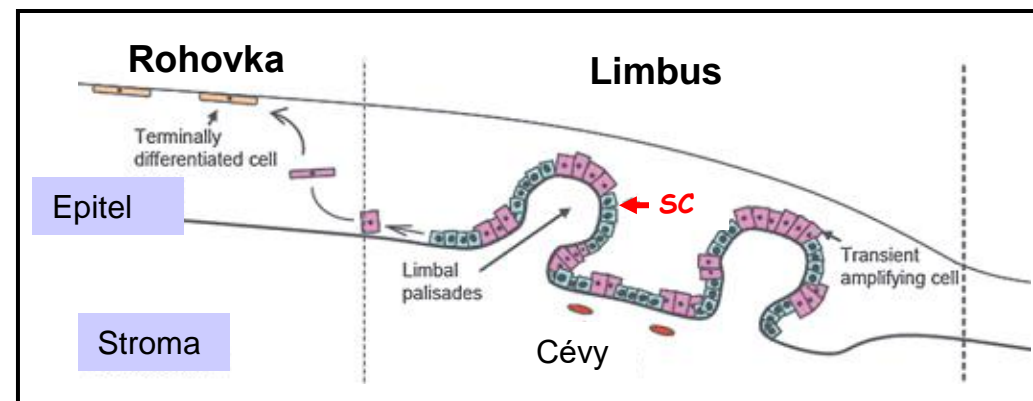
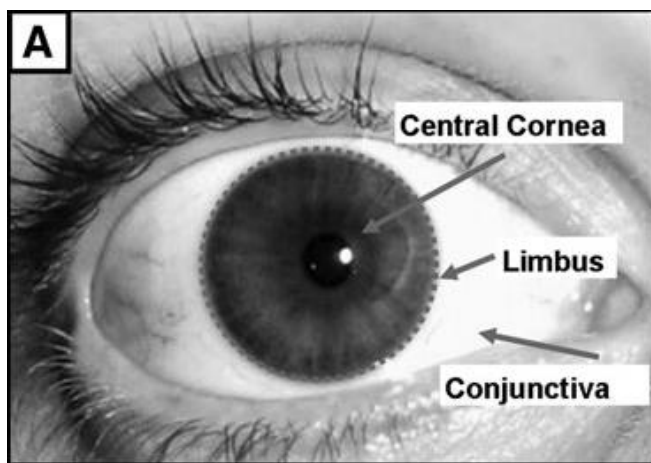


# Rohovka



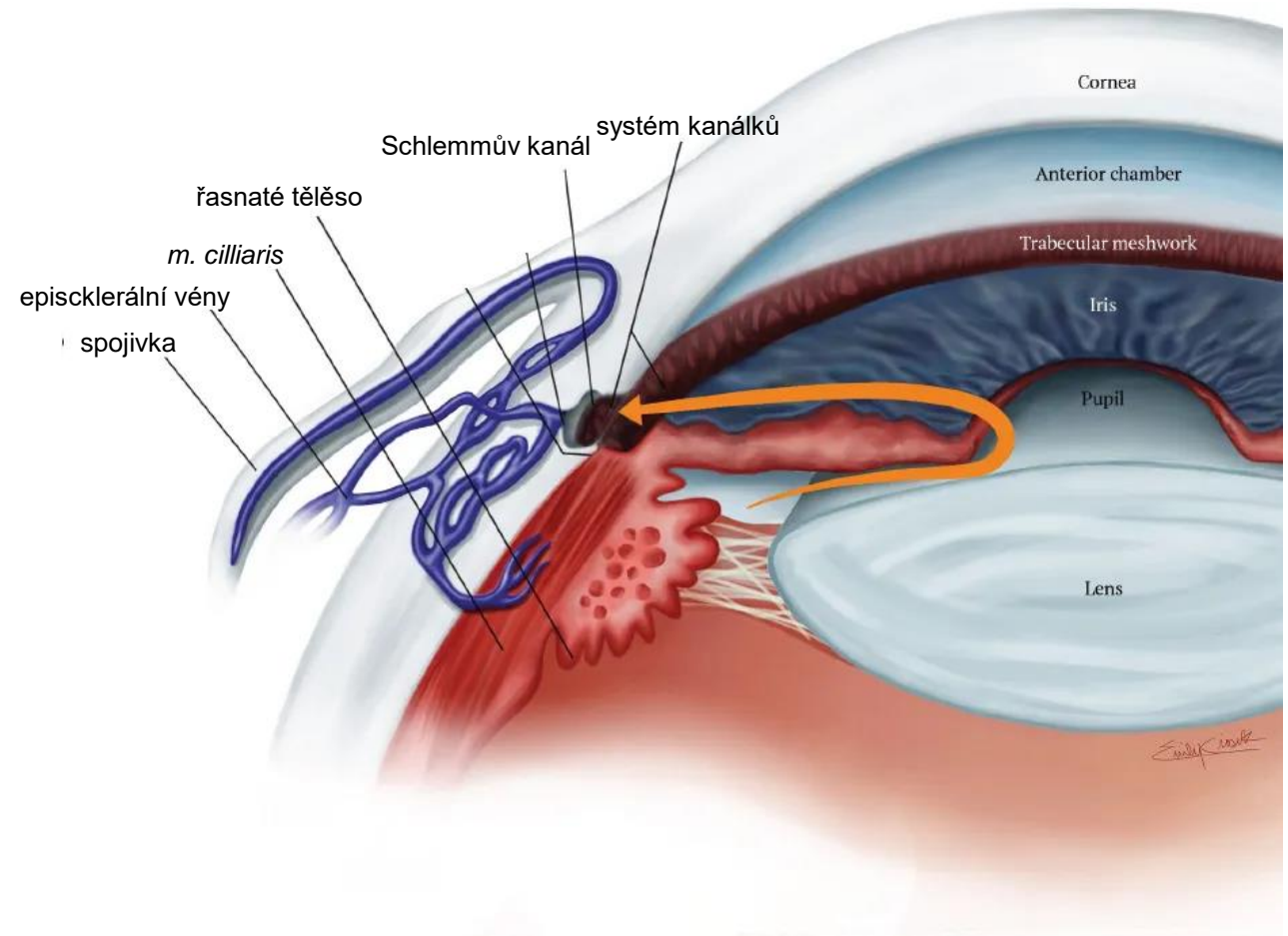
# Limbus – korneosklerální spojení

- ztluštělá oblast přechodu transparentních kolagenních vláken rohovky v netransparentní kolagenní vlákna bělimy
- oblast vysoce **vaskularizovaná** – vyživuje bezcévnou rohovku
- buňky epitelu limbu - schopnost regenerace



# Limbus – korneosklerální spojení – zadní strana - iridokorneální úhel

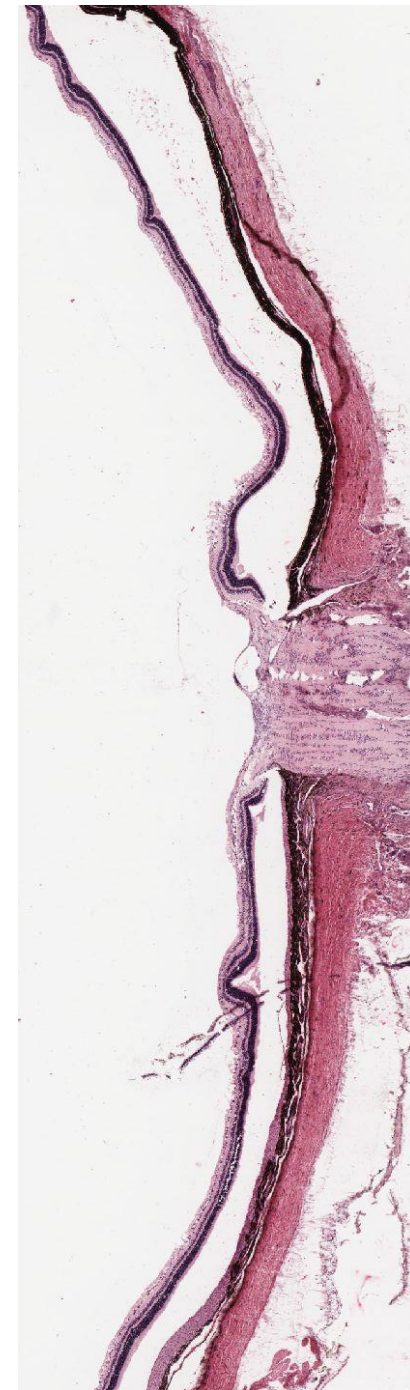
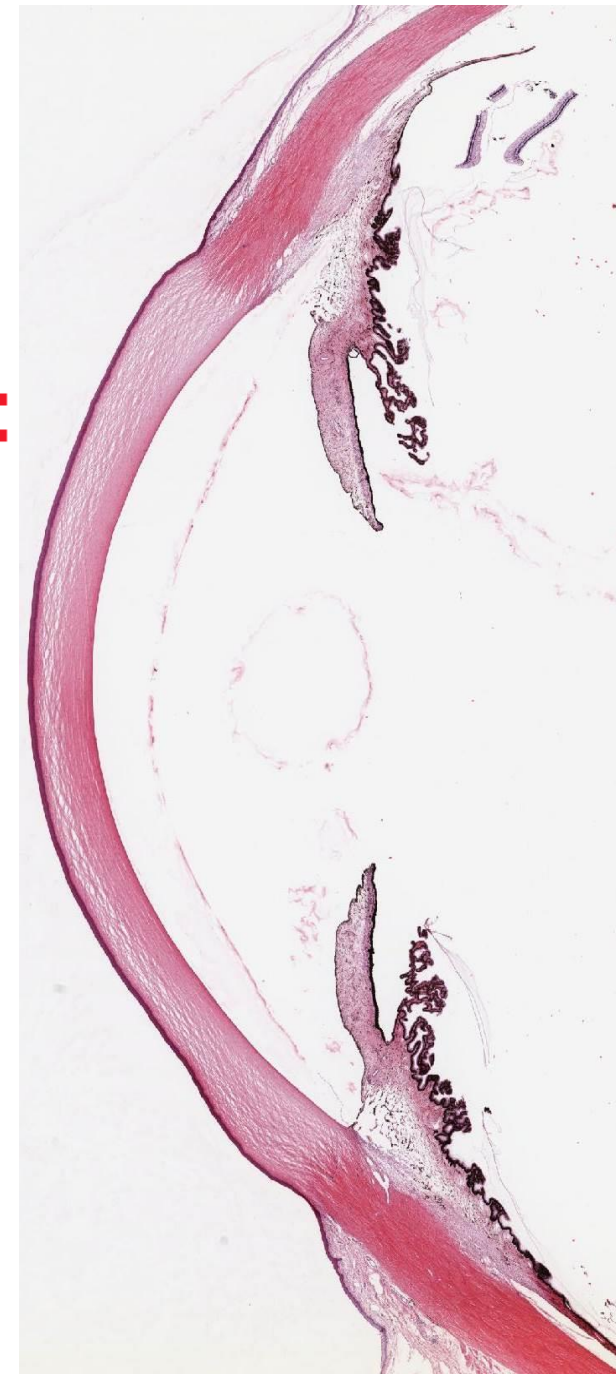
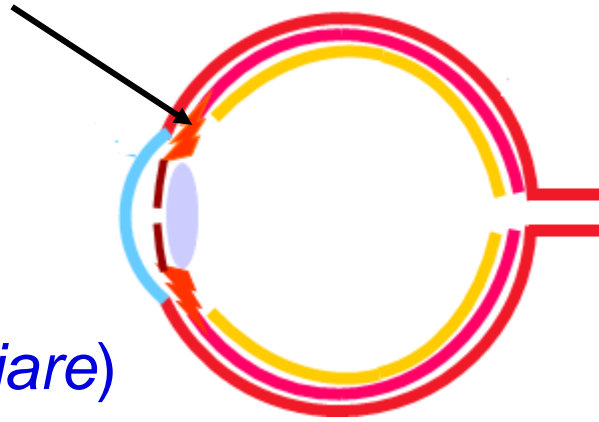
- Descemetova membrána rohovky v limbu vytváří systém nepravidelných kanálků.
- Zadní epitel rohovky přechází ve výstelku těchto kanálků.
- Kanály se spojují v **cirkulárně jdoucí Schlemmův kanál** (*sinus venosus sclerae*) - drenáž komorového moku do žilního systému





## ***Tunica media (t. vasculosa, uvea)***

- duhovka (*iris*)
- řasnaté těleso (*corpus ciliare*)
- cévnatka (*choroidea*)
  
- velmi cévnaté řídké kolagenní vazivo s četnými melanocyty (pigmentové bb.) a částečně i hladkými svalovými bb. (řasnaté t. a duhovka)



## Tunica media oculi – řez duhovkou mimo oblast pupily, řasnaté těleso



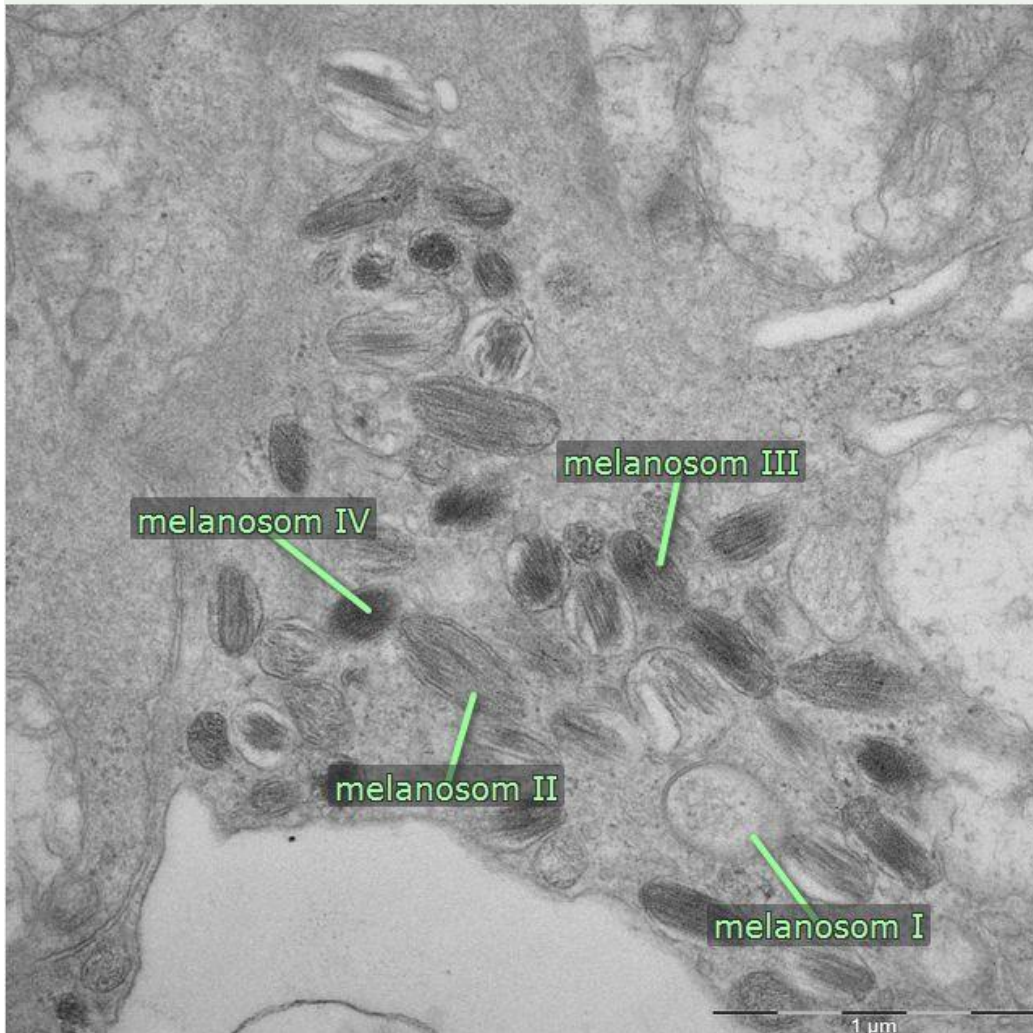
# Duhovka (iris)

- přední epitel (?) - je pokračováním zadního epitelu rohovky, **nesouvislá** vrstva velmi plochých epitelialních buněk, tedy jsou částečně odhalené fibroblasty a melanocyty stromatu
- přední hraniční vrstva - tenká vrstva pojivové tkáně, bohatá na pigmentové buňky – **melanocyty** (barva oka)
- stroma iridis
  - řídké kolagenní vazivo s četnými **melanocyty** (barva oka) a cévami
  - **m. sphincter pupillae** - koncentricky uspořádané hladké svalové buňky
- pars caeca retinae – pars iridica - **dvouvrstevný epitel**
  - zevní vrstva obsahuje v bazální části (směrem ke stromatu) četná **myofilamenta** – „myoepitel“/„svalový epitel“ – vytváří **m. dilatator pupillae**, a v apikální části mají buňky zevní vrstvy četná granula melaninu - **pigmentovaná**
  - vnitřní vrstva buněk – melanin – silně **pigmentovaná**
  - Iridocorneální úhel - **cirkulárně jdoucí Schlemmův kanál** - drenáž komorového moku do žilního systému



# Duhovka - pigmentová buňka – melanosomy

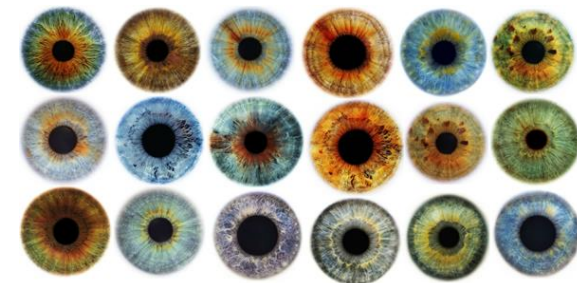
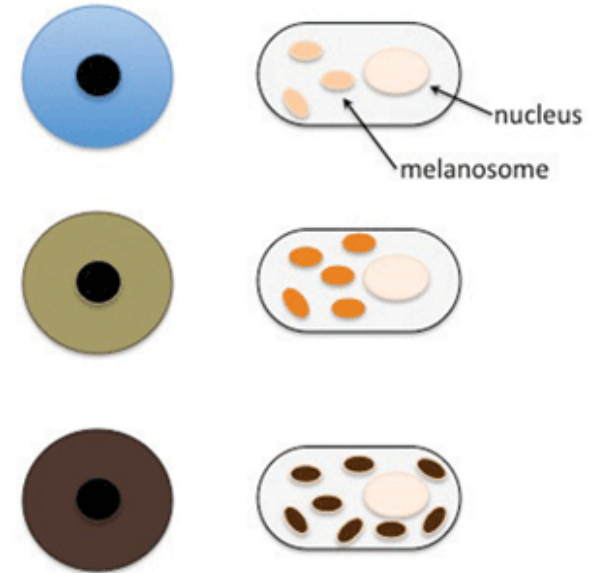
## 14.2.5 Duhovka – pigmentová buňka, TEM



Melanosomy v různých stádiích diferenciácie:

- I - sférické, bez melaninu
- II - oválne, s paralelnými filamenty, s vysokou aktivitou tyrozinázy
- III - oválne, malé množství melaninu, s vysokou aktivitou tyrozinázy
- IV - oválne, vysoké množství melaninu, nízka aktivita tyrozinázy

Eye color    Melanocytes within the iris



# Řasnaté těleso (*corpus ciliare*)

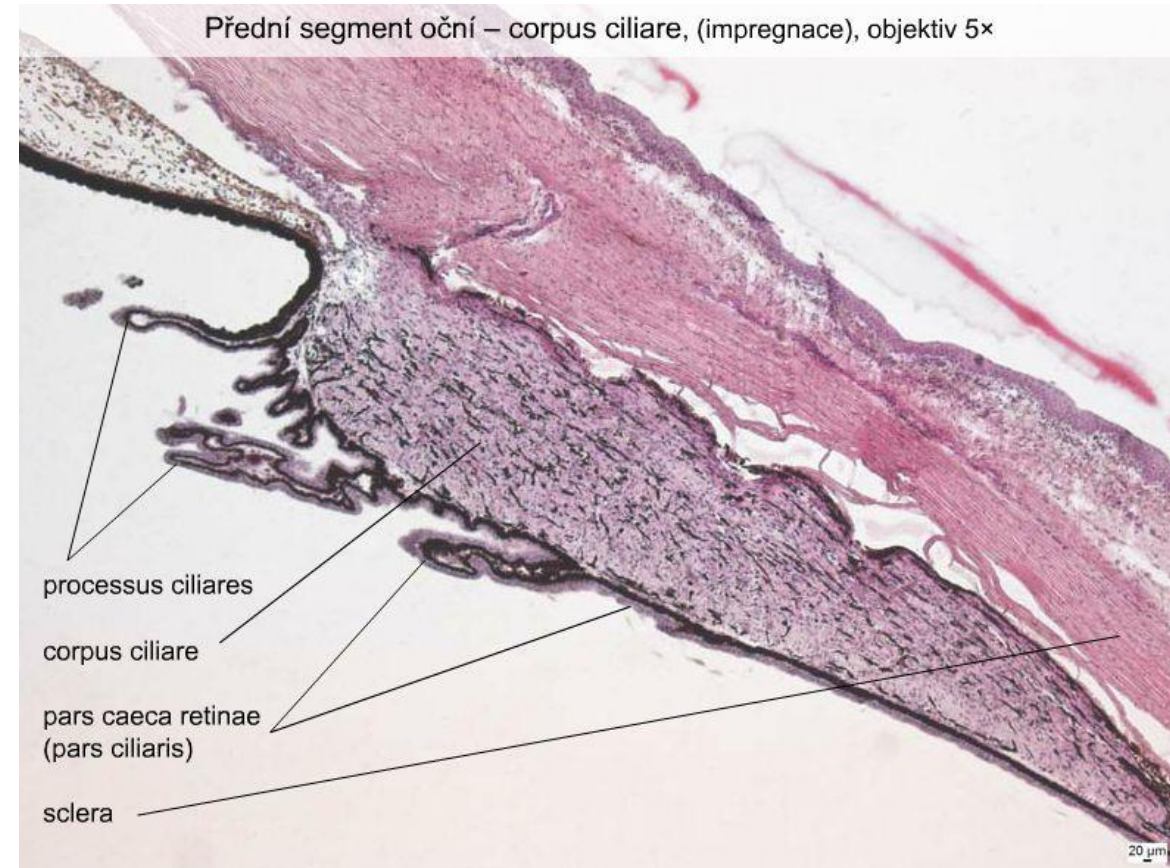
## Stroma řasnatého tělesa

- řídké vazivo, elastická vlákna, cévy, melanocyty
- svazky hladkých svalových buněk (ukotveny v bělimě a prostupující do výběžků řasnatého tělesa – *m. ciliaris*), meridionální, cirkulární a radiální průběh sval.bb.

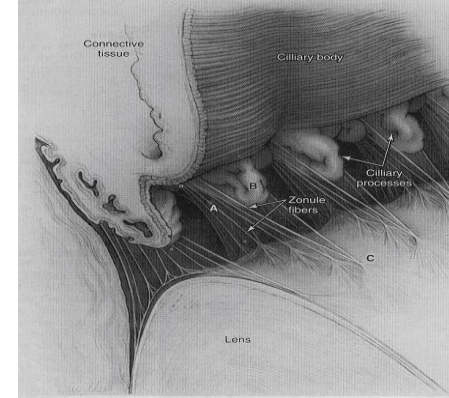
## Výběžky ŘT (*processus ciliares*)

- prominují do zadní komory, počet asi 60-80
- bohaté na kapiláry - komorový mok
- dvouvrstevný epitel (přechází ze sítnice a duhovky – *pars caeca retinae – pars ciliaris*), zevní pigmentová vrstva a vnitřní nepigmentovaná (růžové bb.)
- spojeny s pouzdrem čočky prostřednictvím *fibrae suspensoriae lentis (zonulae ciliaris)*

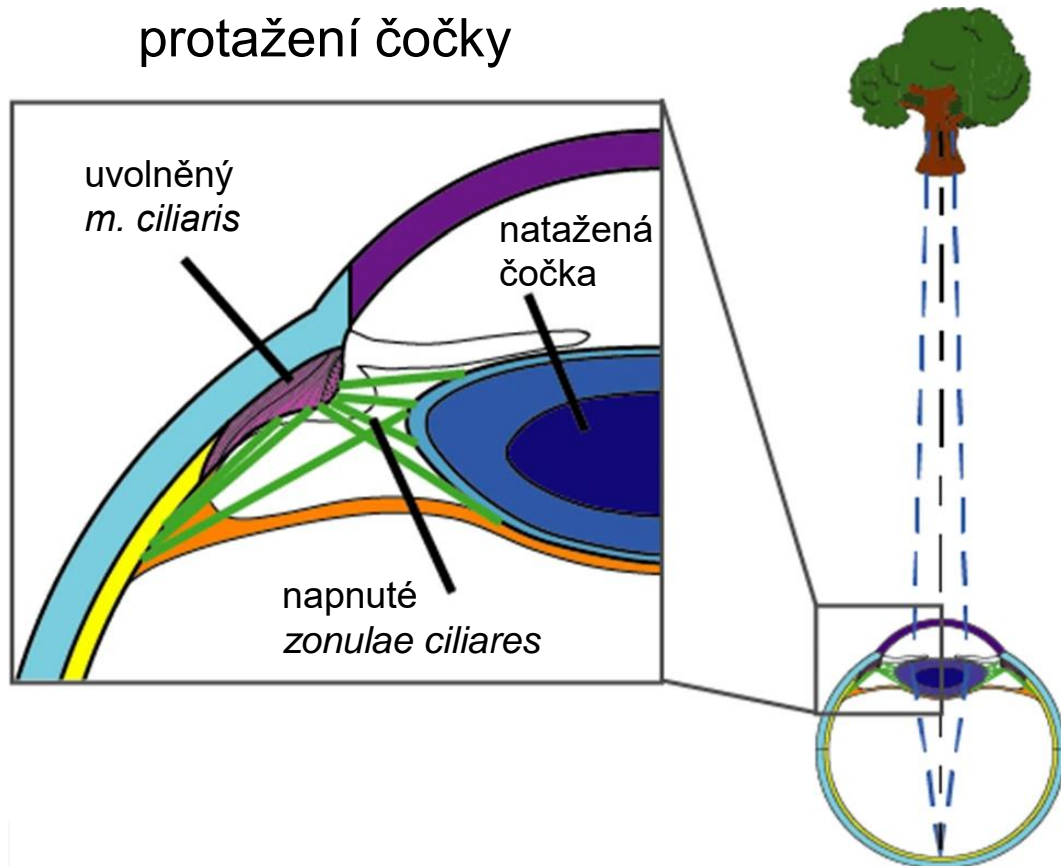
Funkce: produkce komorového moku, akomodace (změna optické mohutnosti čočky)



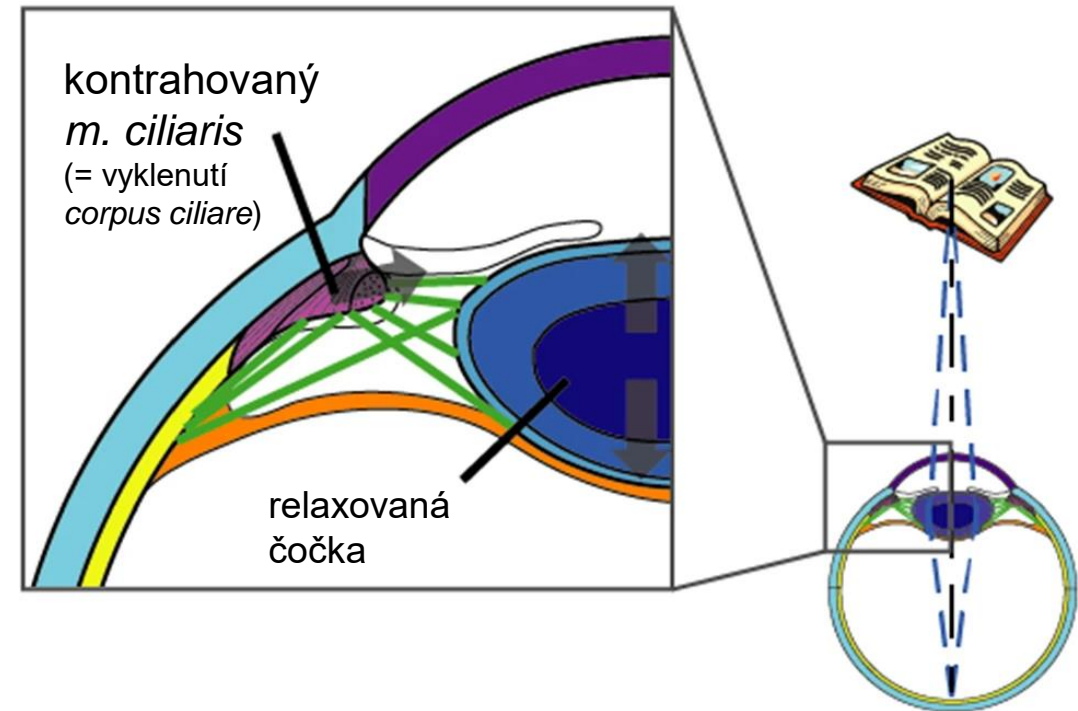
# Akomodace čočky



## protažení čočky

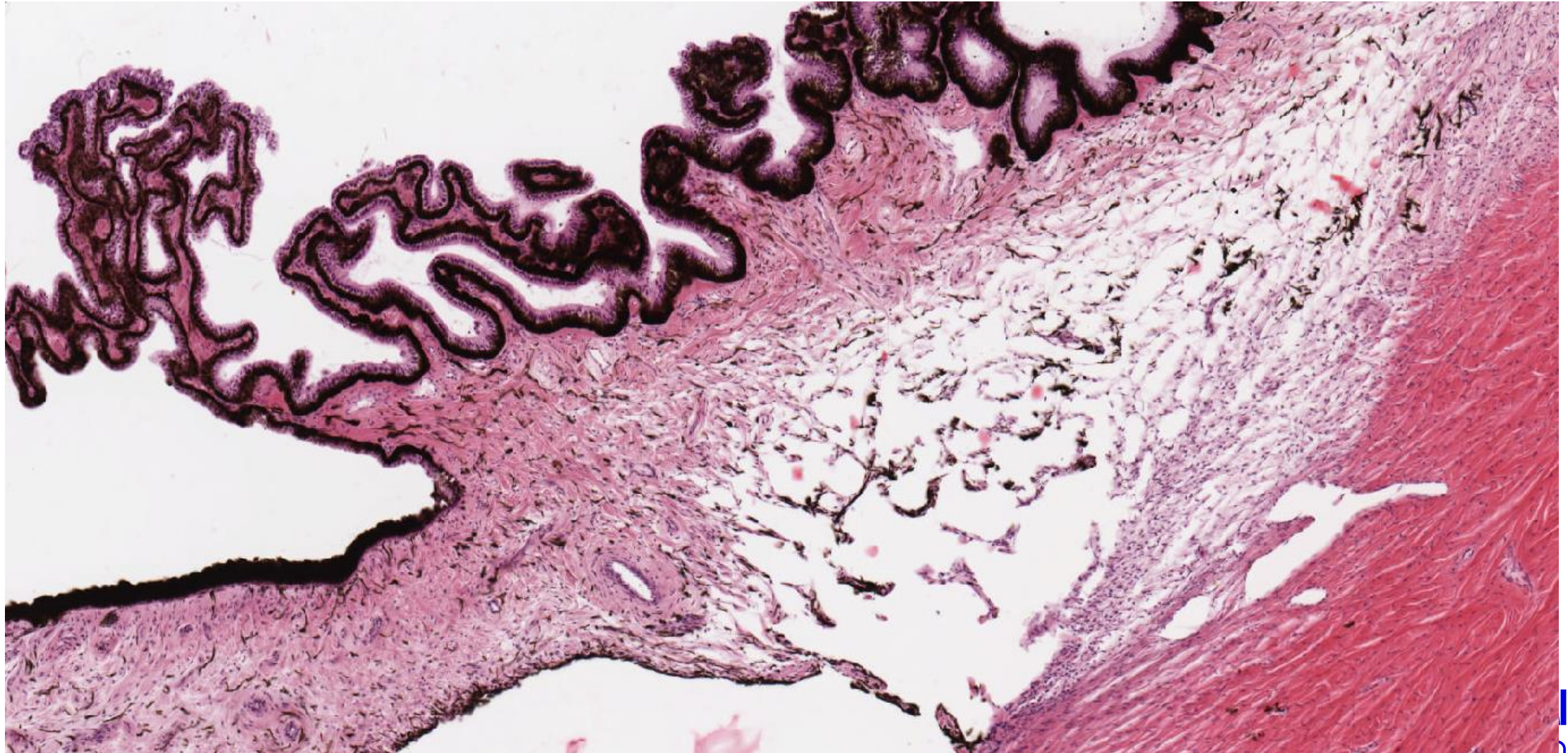


## vyklenutí čočky



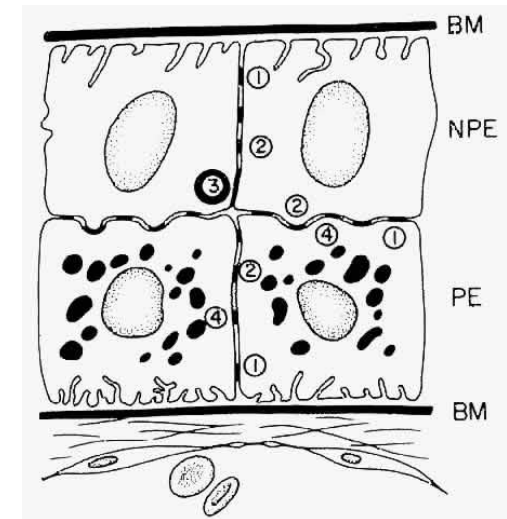
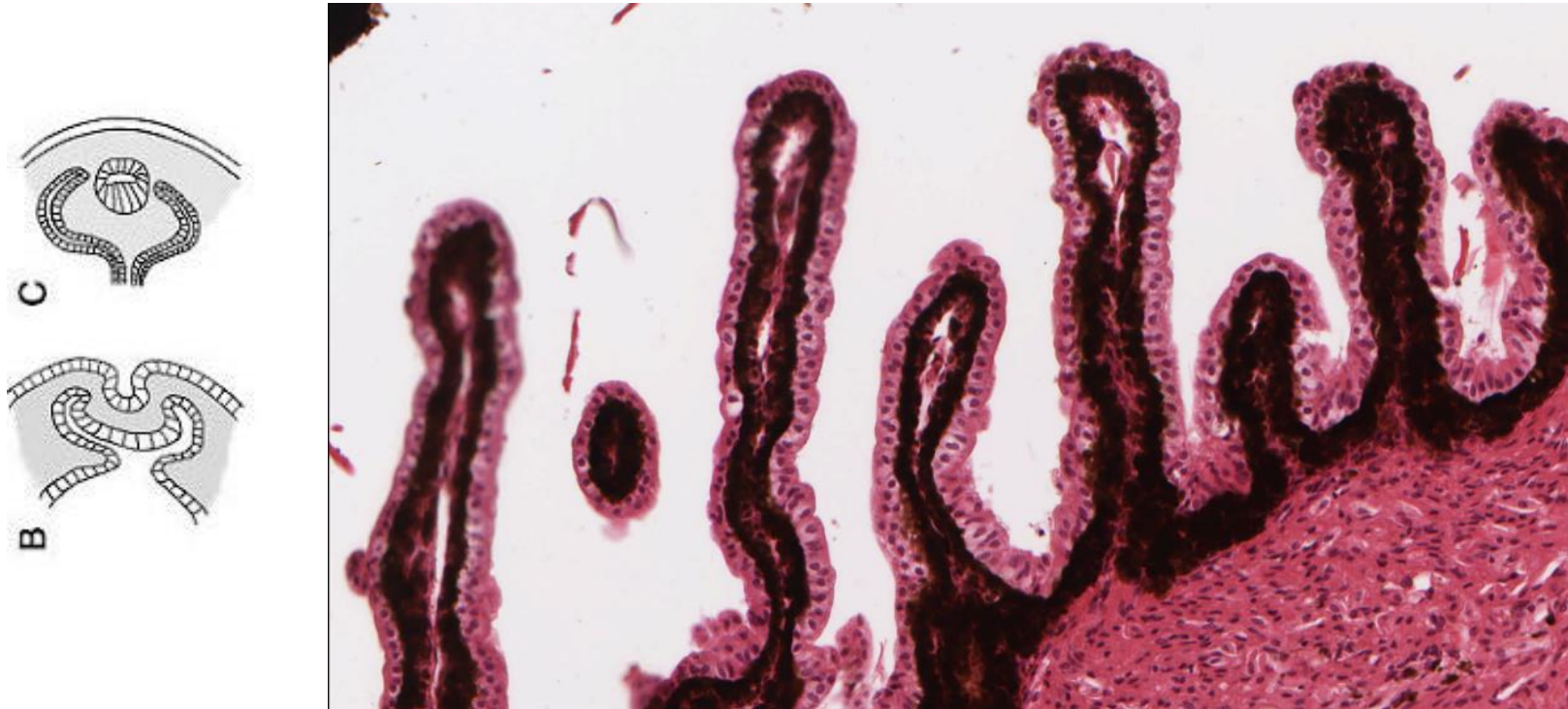
Knaus 2021, PMID: 33491156 (upraveno)

## Řasnaté těleso (corpus ciliare)



# Řasnaté těleso – pars caeca retinae – pars ciliaris

- **dvouvrstevný epitel** – zevní vrstva buněk je pigmentovaná, zatímco vnitřní pigment neobsahuje (*pars caeca retinae*), cytoplazma se barví v HE růžově

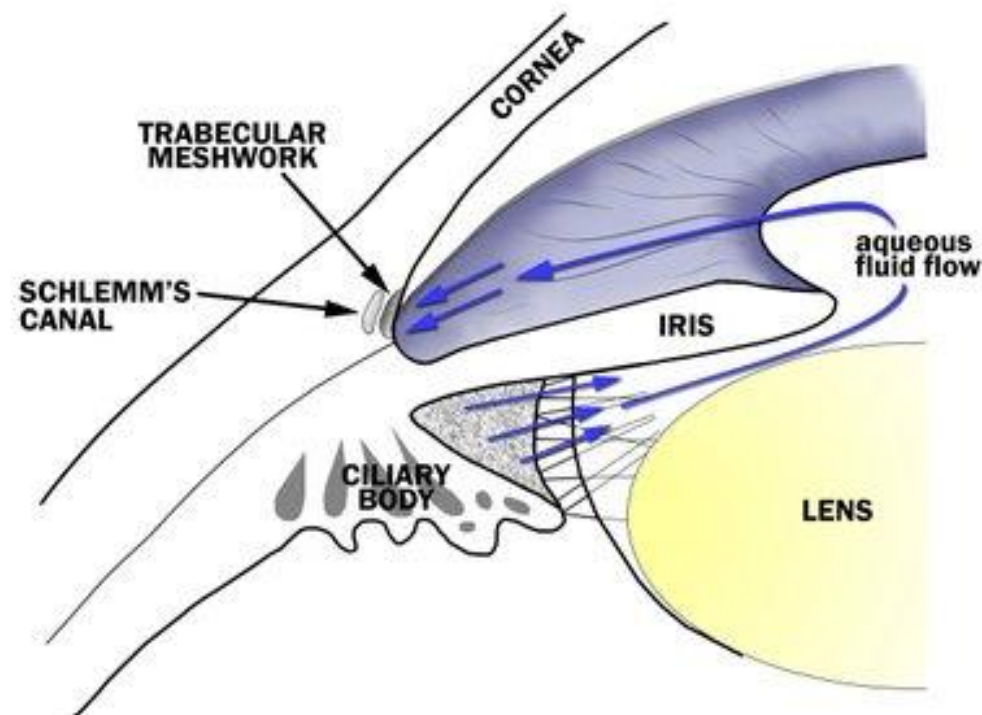


<http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/pages/v7/v7c013.html>



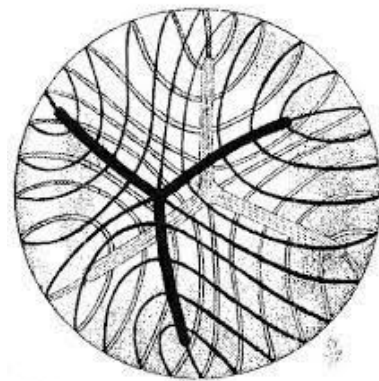
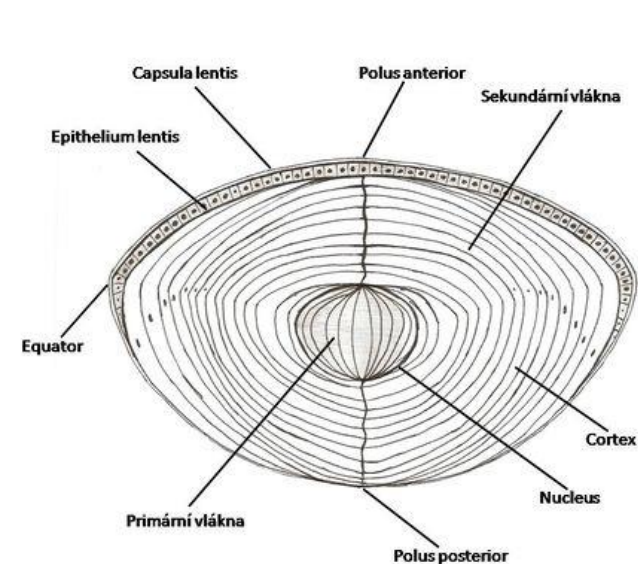
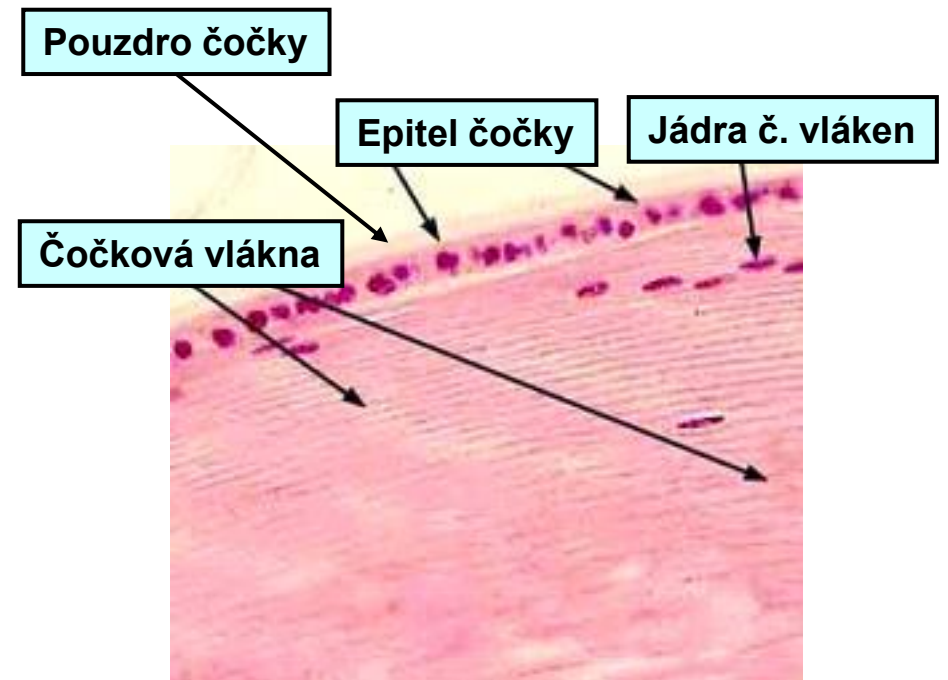
## Komorový mok

- čirá tekutina
- málo bílkovin
- vyplňuje přední a zadní komoru oční
- vznik z krevní plazmy díky **processus ciliares**
- drenáž do Schlemmova kanálu
- **cirkulace:**
- zadní komora oční → pupila → přední komora oční → trámčina iridokorneálního úhlu → Schlemmův kanál → sinus venosus sclerae

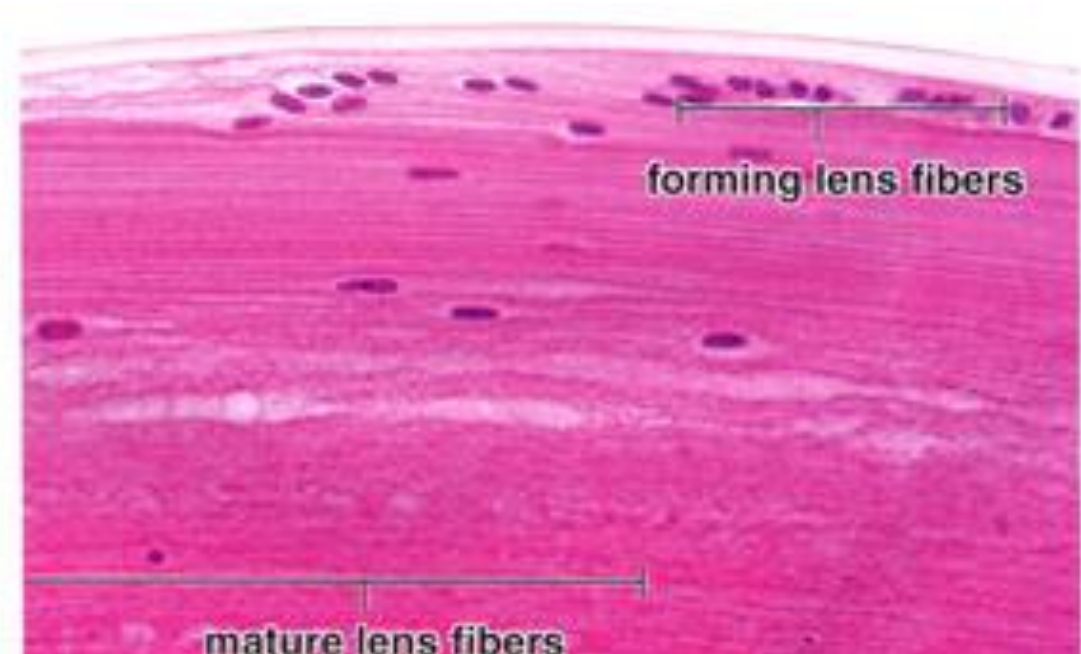
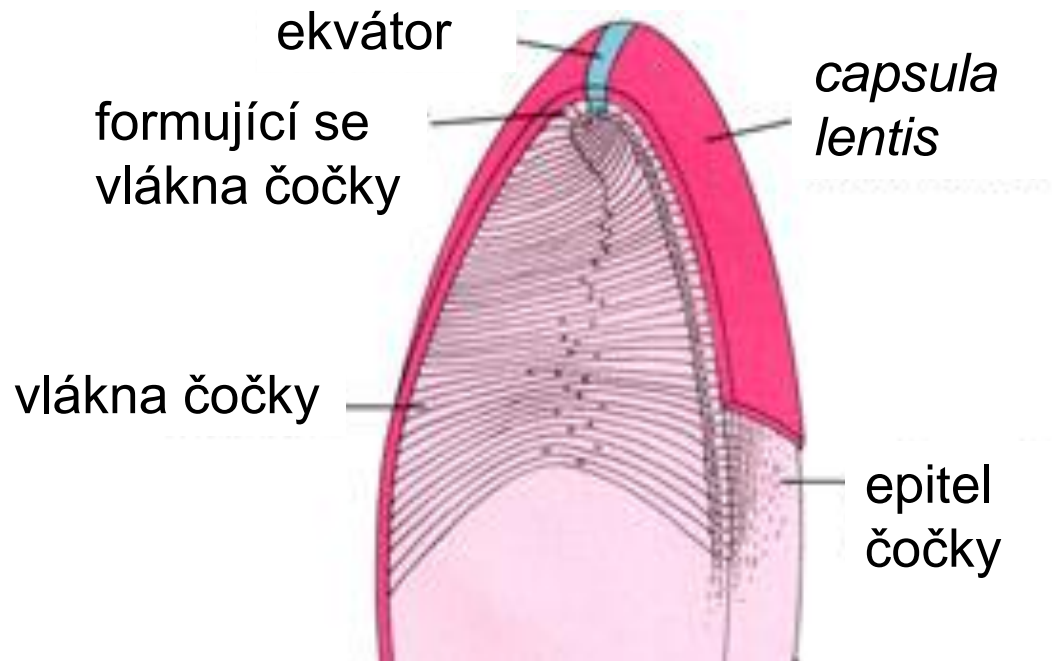


# Čočka (lens cristallina)

- avaskulární, pružná, bikonvexní
- pouzdro (capsula) – pružný a transparentní obal z glykoproteinů a kolagenních vláken
- epitel – jednovrstevný **kubický** (až nízce cylindrický), **pouze na přední straně** čočky!, epitelové bb. se v oblasti ekvátoru prodlužují a mění se na čočková vlákna
- čočková vlákna – **protáhlé hranolky** = pozměněné buňky epitelu, **kortikální** (mají jádro a organely) a **centrální** (nemají j./o.), obsahují **proteiny filensin a krystaliny** (průhlednost), vlákna se upínají do švů – tvar Y
- na rovníku čočky jsou úpony ***fibrae suspensorie lentis***, které spolu s **řasnatým tělesem** tvoří **závěsný aparát čočky**



# Čočka (lens cristallina)



# Klinika

**Glaukom** (zelený zákal) – poškození očního nervu (nejčastější příčina: zvýšený nitrooční tlak)

normální hodnota: 21 mmHg

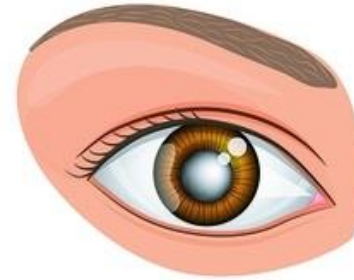
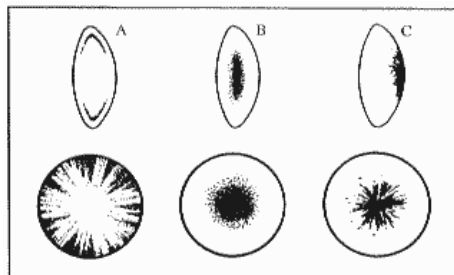
vyšetření: bezkontaktní tonometr (prohnutí oční rohovky pod nápořem vzduchu)

**Katarakta** (šedý zákal)

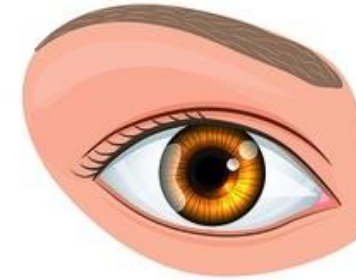
vrozený, získaný (častější) – v pozdějším věku, čočka ztrácí svou průhlednost

*základní typy šedého zákalu:*

A - zkalení kůry čočky, B - zkalení jádra čočky, C - zkalení pod pouzdrem čočky



*Zelený zákal*



*Zdravé oko*



*Šedý zákal*



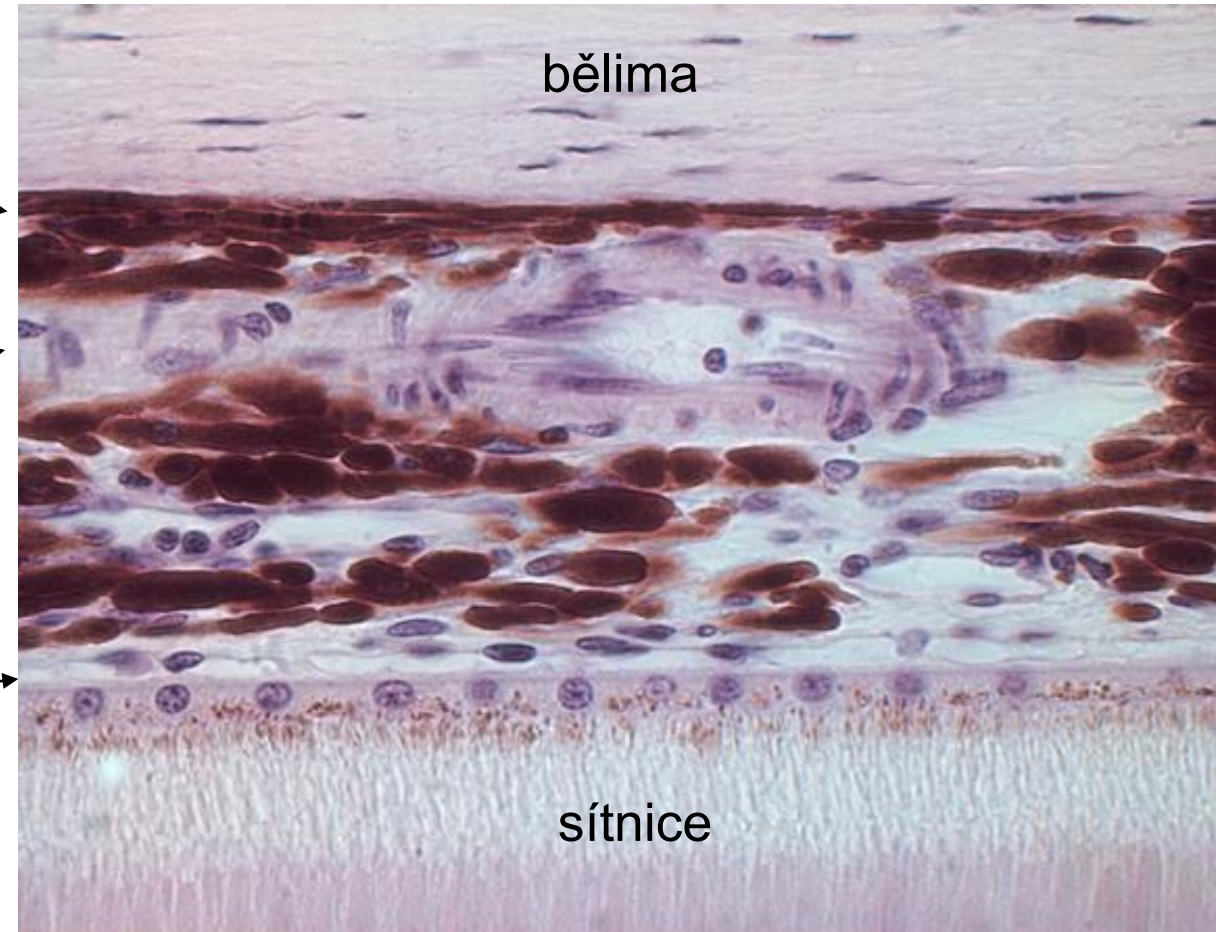
# Zadní segment oční

## Cévnatka (choroidea)



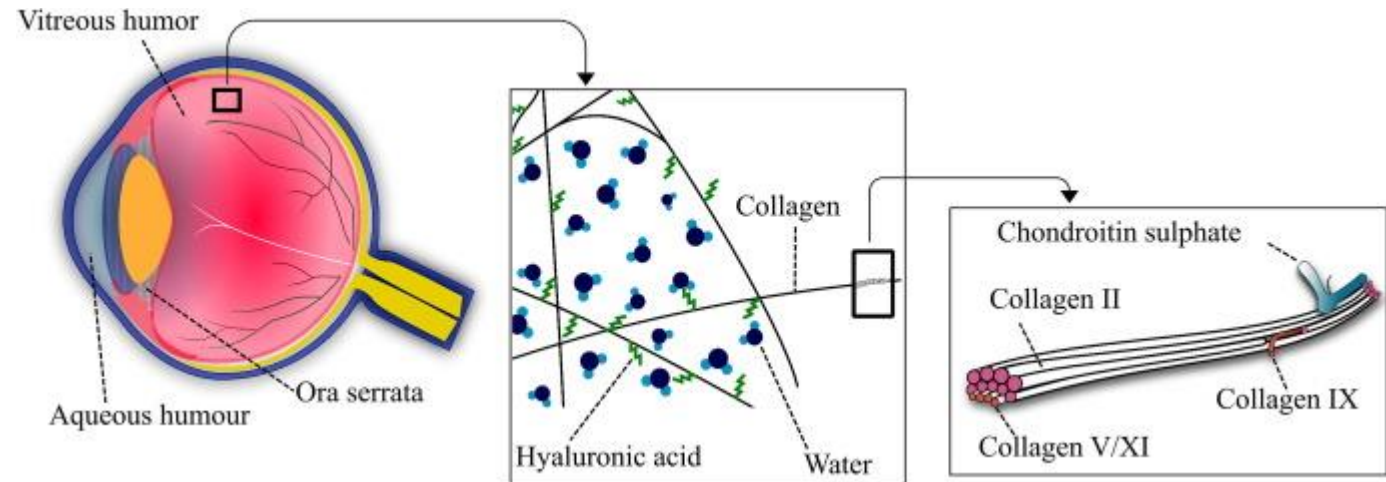
# Cévnatka (choroidea)

- lamina suprachoroidea (lamina fusca sclerae) řídké vazivo, bohatá na pigmentové buňky (melanocyty) a elastická vlákna
- lamina vasculosa - řídké vazivo, bohatá na melanocyty, obsahuje silnější cévy a nervová vlákna
- lamina chorocapillaris - řídké vazivo, složitá síť jemných kapilár
- lamina vitrea (Bruchova membrána) - tvořena vlákny kolagenu a elastinu, tloušťka asi 3-4 mm



# Sklivec

- vyplňuje sklivcovou dutinu
- není schopen obnovy
- průhledná želatinózní substance
- 98 % vody, glykosaminoglykany (kys.hyaluronová) a kolagen
- u povrchu zahuštění kolagenních vláken – *membrana vitrea*
- buňky vzácné – hyalocyty (fibrocyty s dlouhými výběžky)
- *Canalis hyaloideus* je tenký kanálek probíhající střední osou sklivce, je zkroucený, je zbytkem po embryonální tepénce a. hyaloidea, která vyživovala čočku.



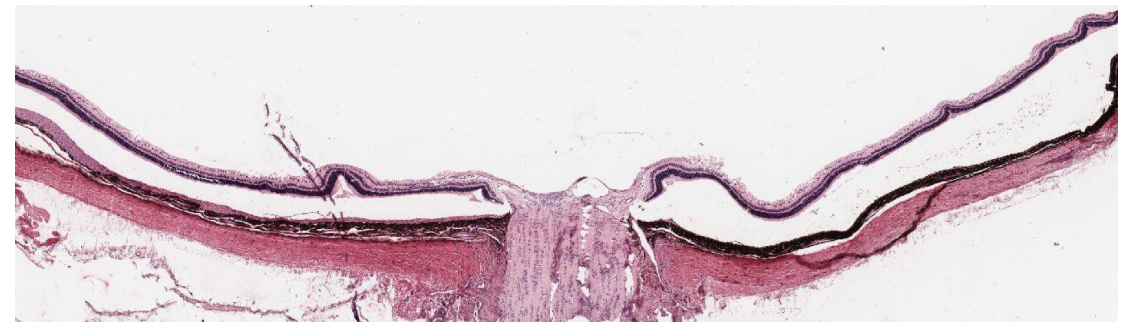
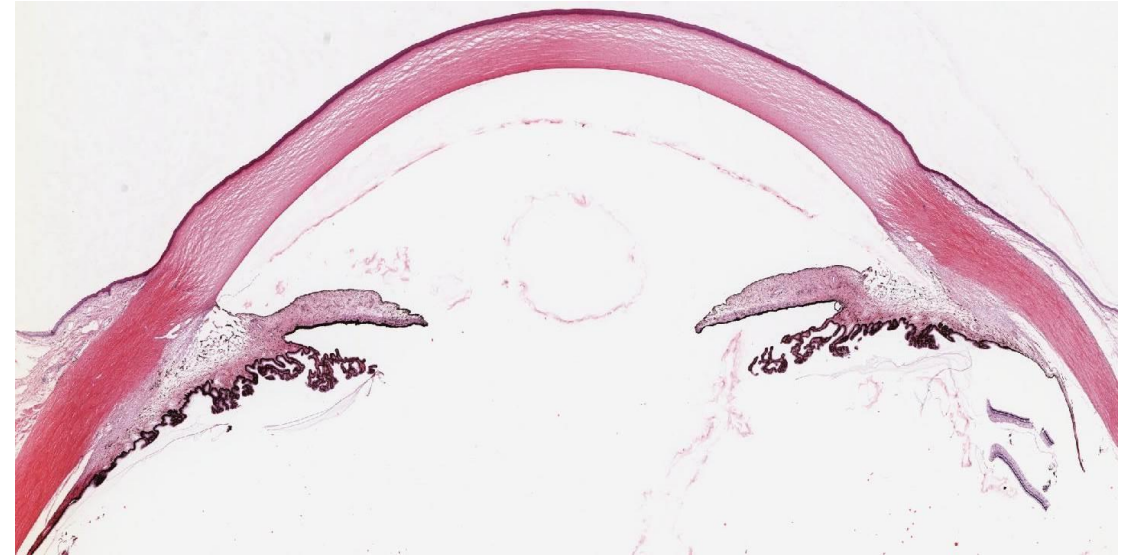
Lindberg 2019 (PMID: 30572166)

**Klinika** – sklivcové zákalky (létající mušky) – nehomogenity ve sklivci

- odchlípení sklivce – oddělení od sítnice – často po 65. roce věku
- krvácení do sklivce – černé zákaly (prší saze)

## ***Tunica interna (t. nervosa)***

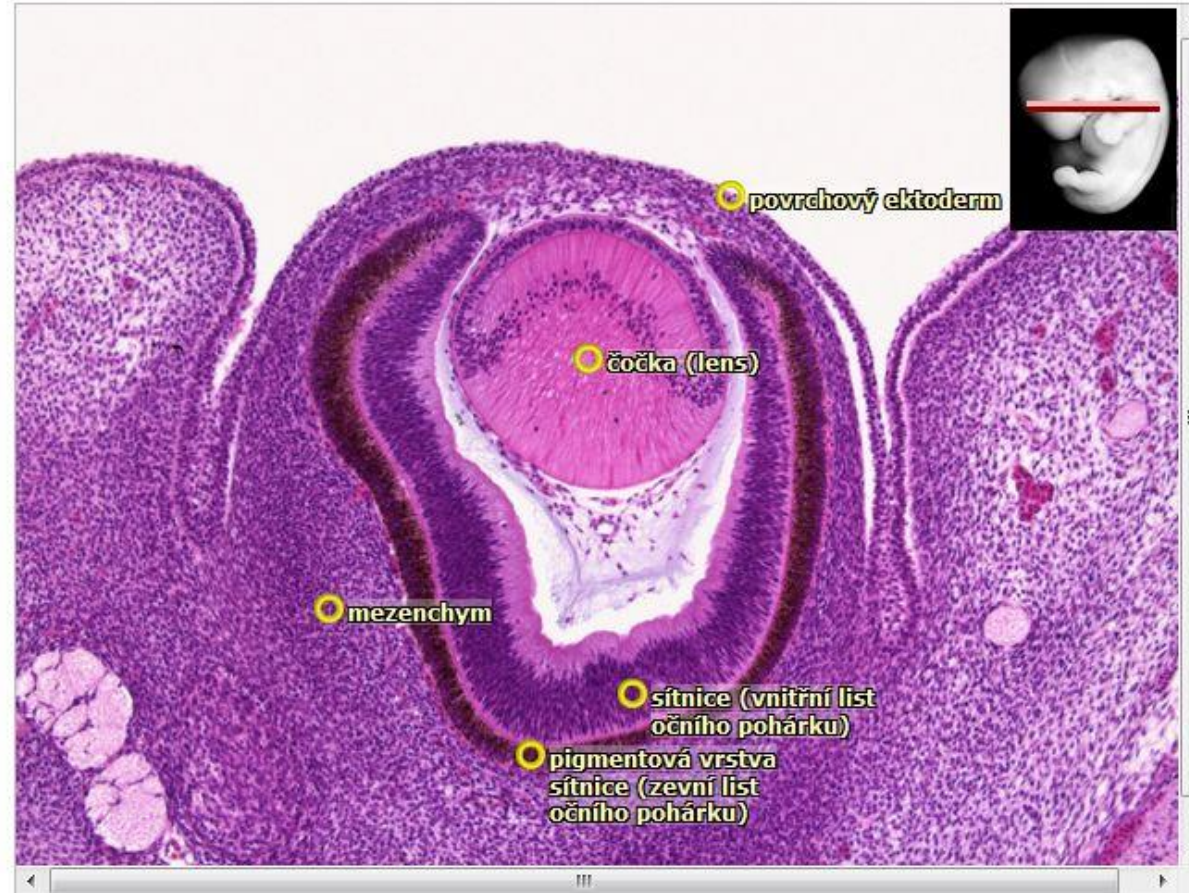
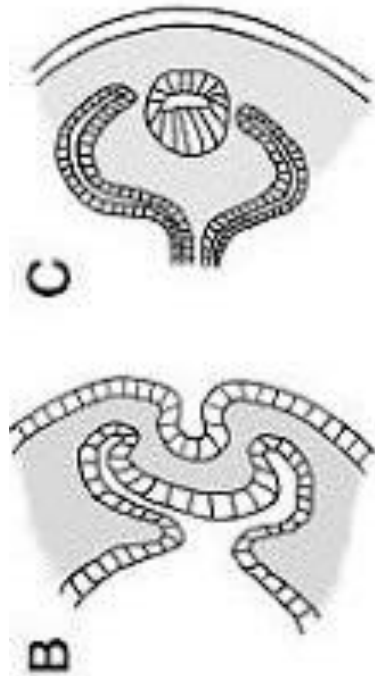
- původ – neuroektoderm (oční váček)
- sítnice (retina)
- **pars optica retinae** – vlastní sítnice – v užším smyslu - světločivá
- **pars caeca retinae** (**pars iridica**, **pars ciliaris**) - slepá část sítnice, = epitel pokrývající zadní stranu duhovky a povrch řasnatého tělesa
- **ora serrata** - hranice





# Oční pohárek – zevní a vnitřní list

10-1 Zárodek člověka (7. týden) – příčný řez, HE, zvětšení 100x



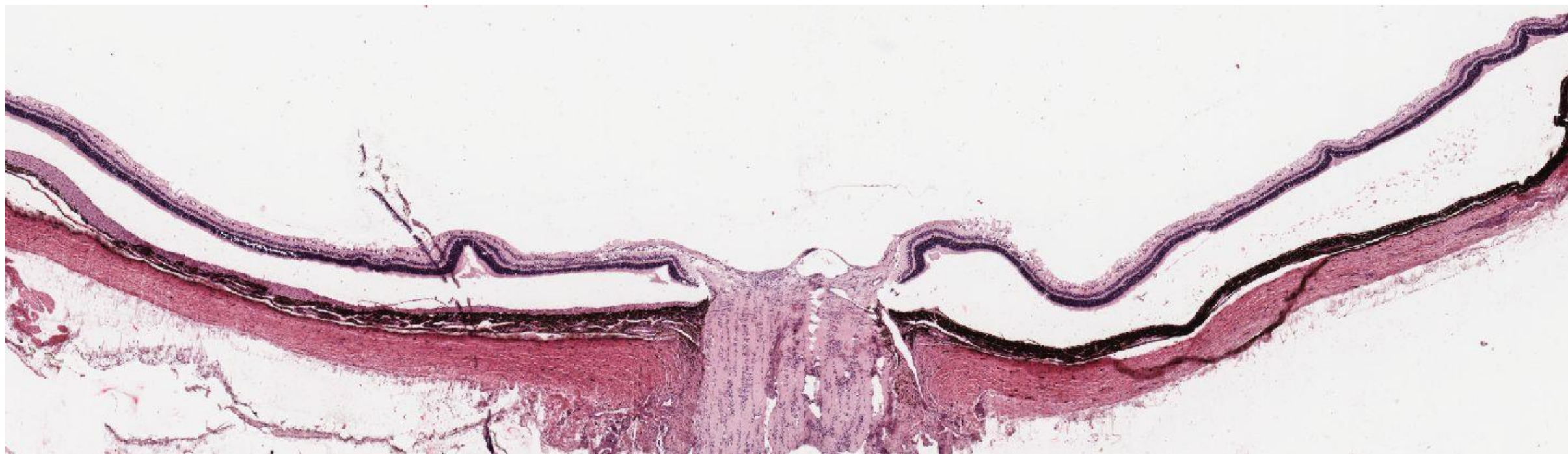
Na celou obrazovku

Skrýt popisky

Vyzkoušejte se

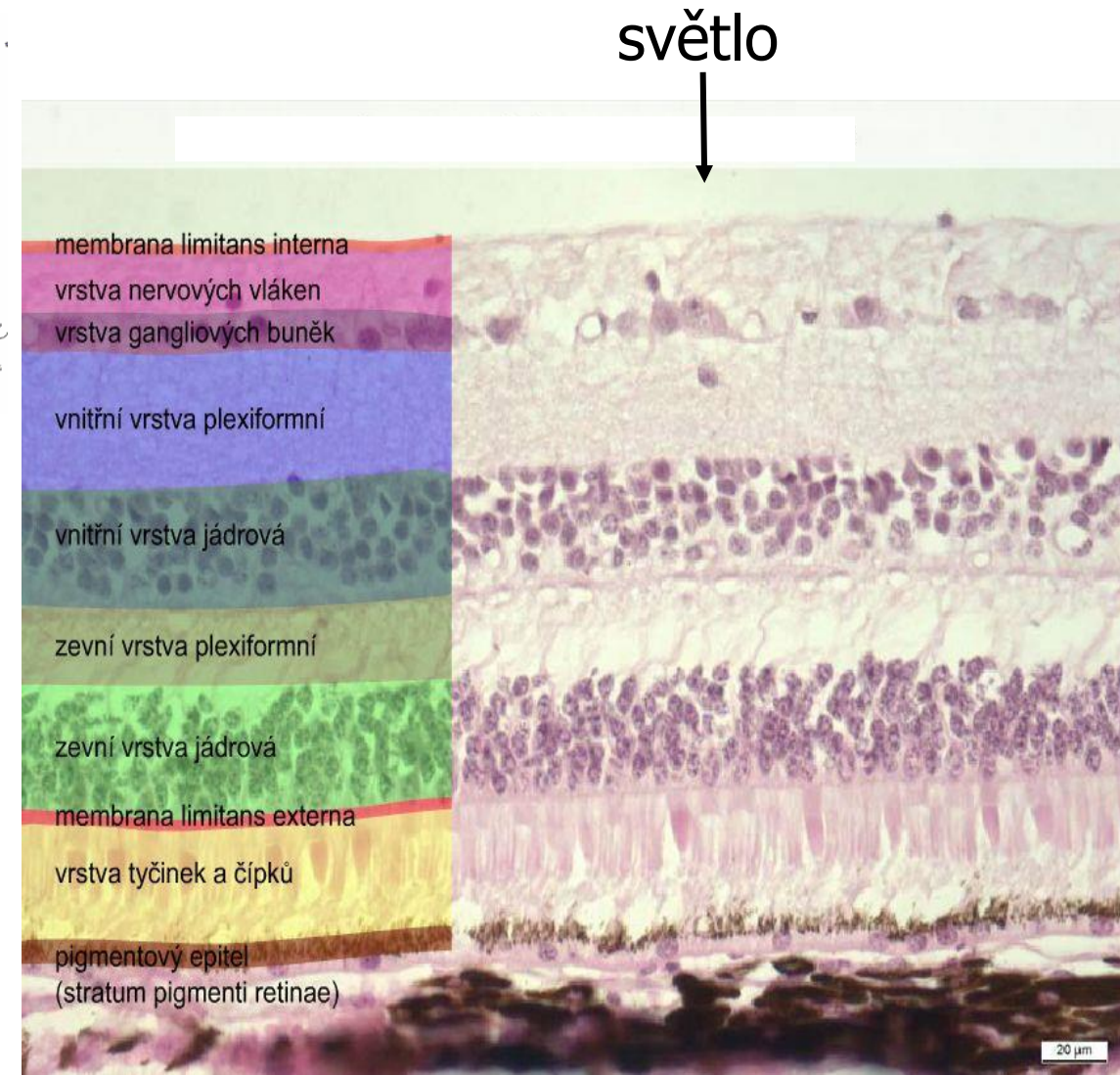
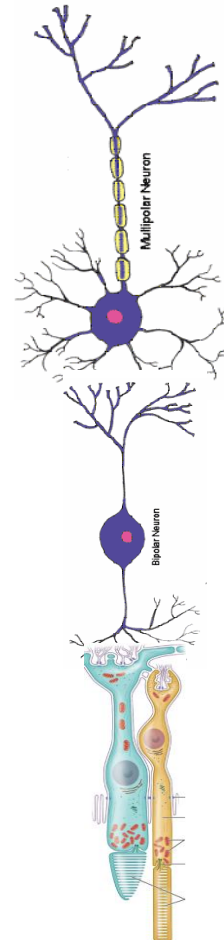
Z neuroektodermu očního pohárku se postupně diferencují jednotlivé vrstvy sítnice. Z povrchového ektodermu se oddělila čočka, která je zcela vyplněna čočkovými vlákny – rostoucími buňkami zadního epitelu čočky.

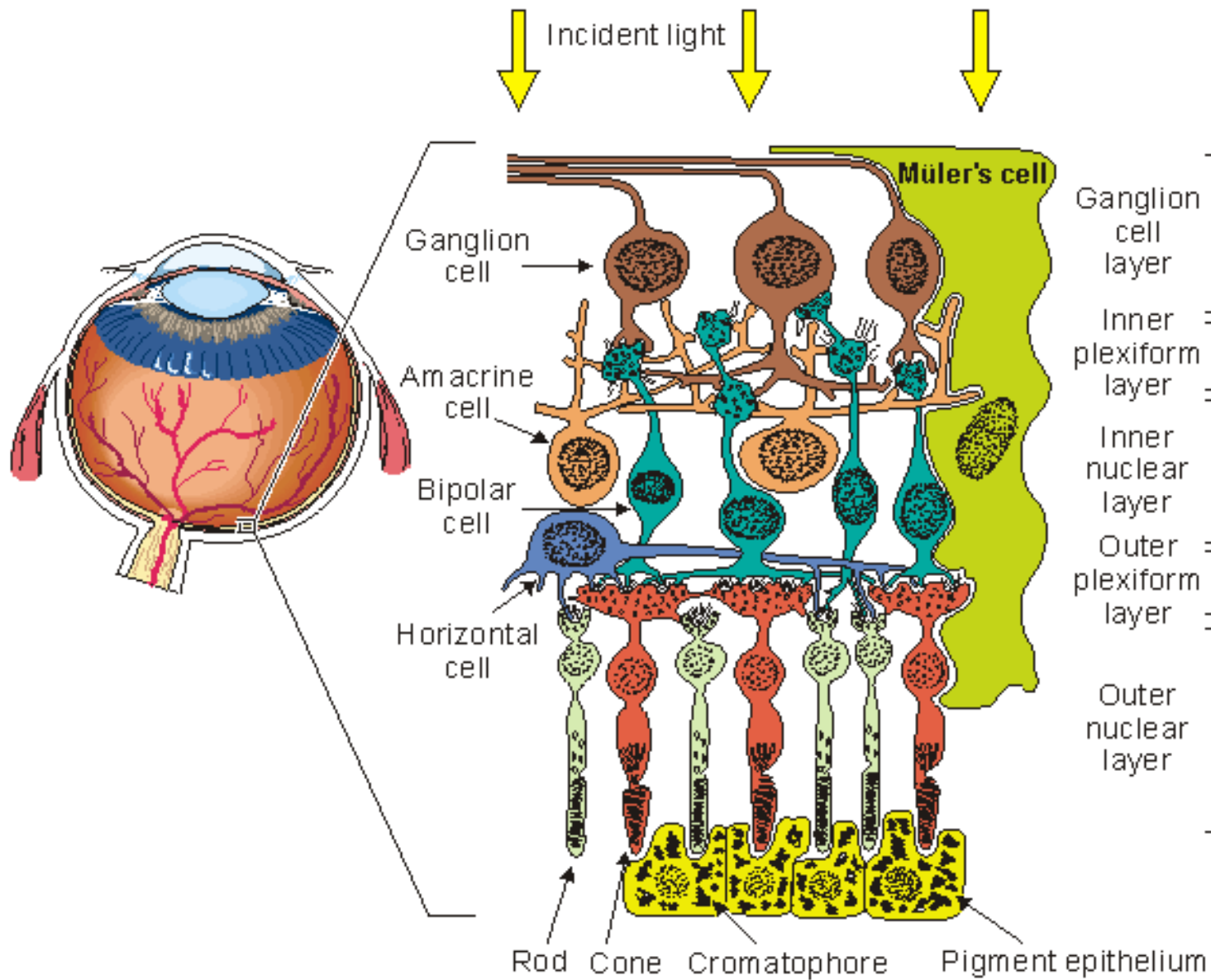
## Zadní segment oční



# Tunica interna oculi - sítnice (retina) – pars optica

- sítnice je inverzní (světlo prochází jednotlivými vrstvami, než se dostane k tyčinkám a čípkům)
- 10 vrstev
- 3 neurony zrakové dráhy
  - fotoreceptory - tyčinky a čípky
  - bipolární neurony
  - multipolární neurony
- interneurony (horizontální a amakrinní buňky)
- glie – Müllerovy buňky
- pigmentové buňky

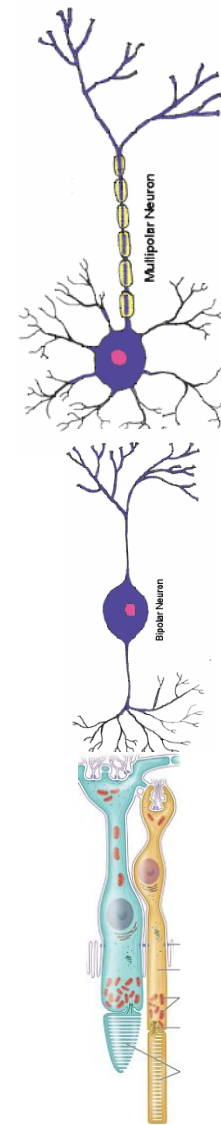




3. neuron  
multipolární neuron

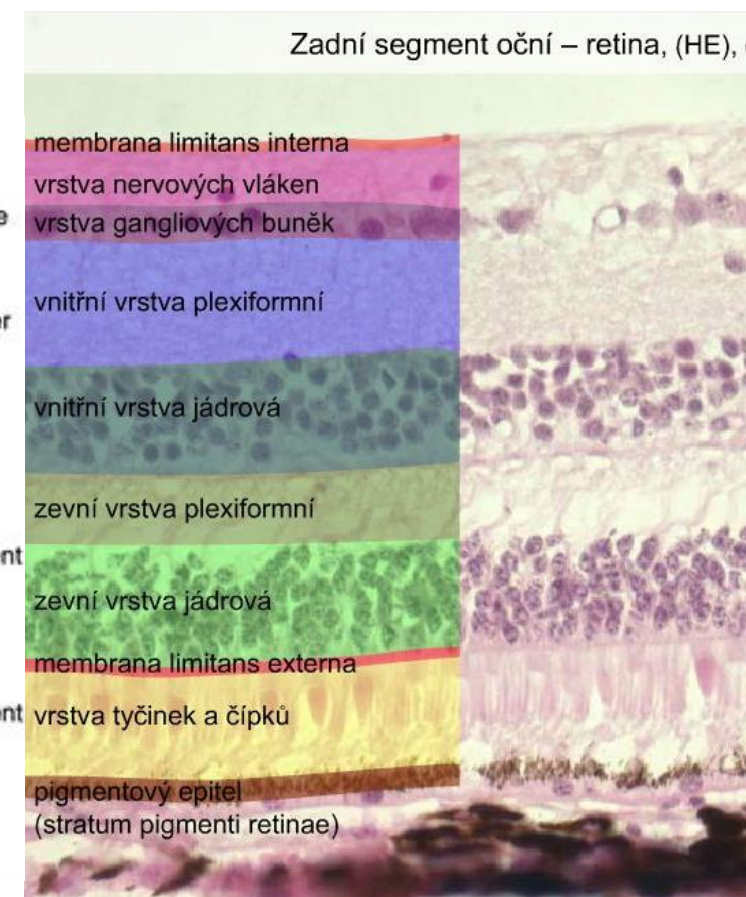
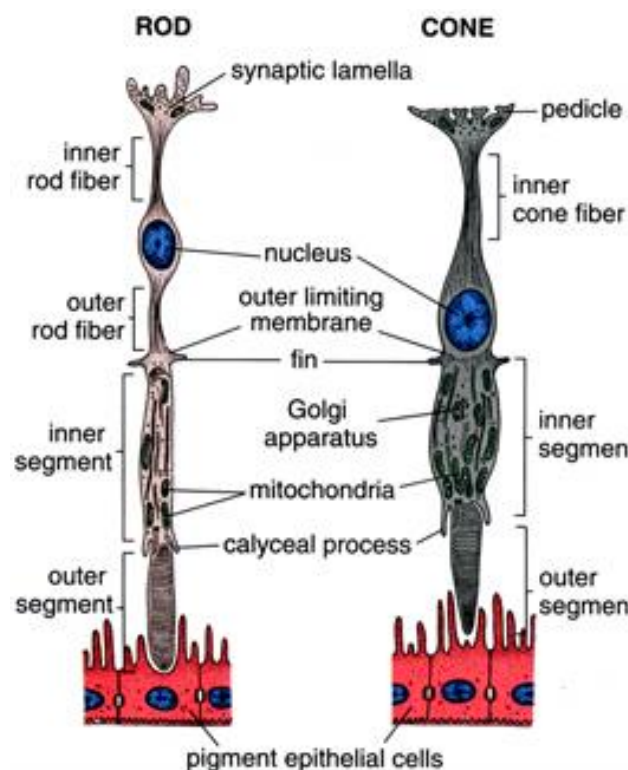
2. neuron  
bipolární neuron

1. neuron  
fotoreceptor –  
tyčinka/čípek



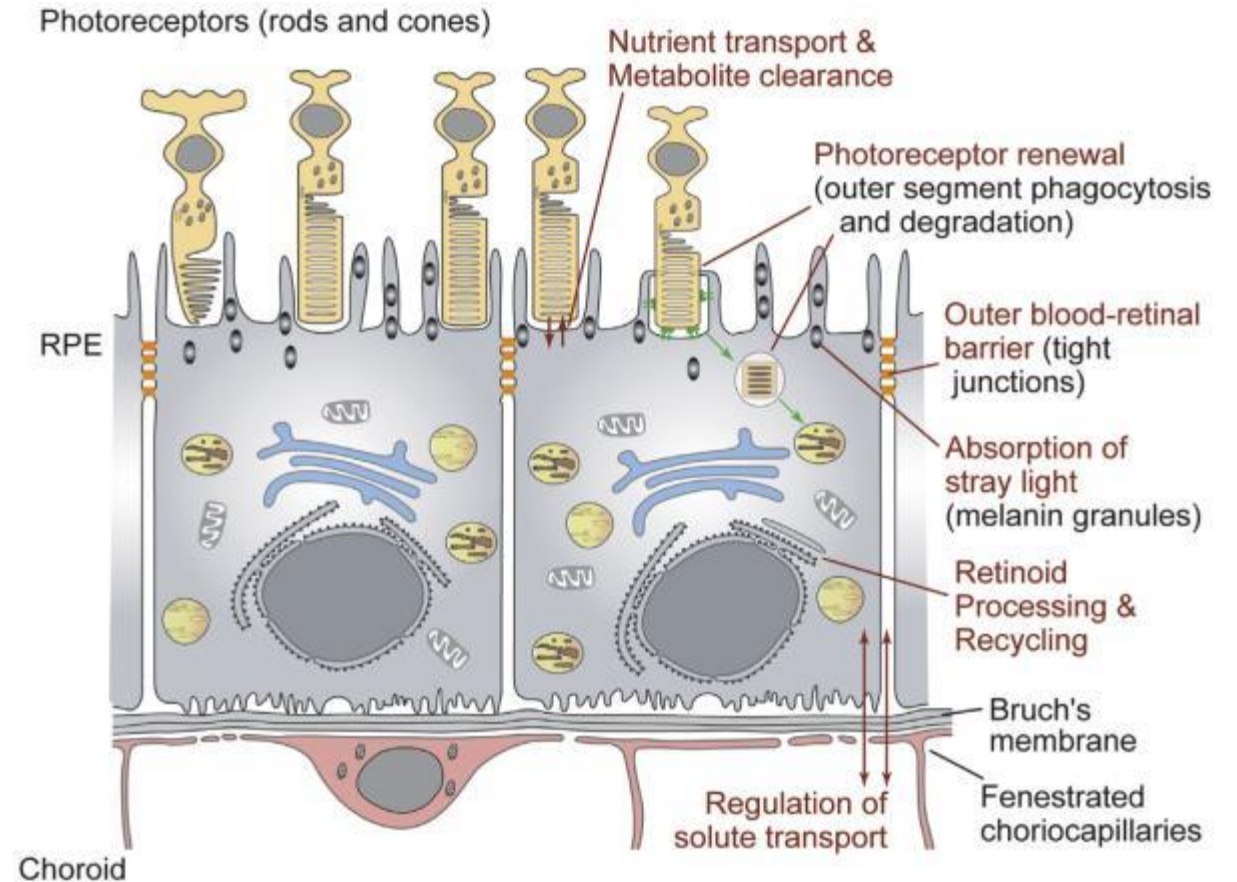
# Pigmentové buňky

- 1. vrstva – stratum pigmenti retinae
- kubické až nízce cylindrické buňky
- pevné spojení s lamina vitrea cévnatky
- apex – mikrokly i delší cytoplazmatické výběžky s granuly melaninu, tyto se vsouvají mezi periferní oddíly tyčinek a čípků (izolace), výběžky pigm.bb. nejsou s perif.oddíly pevně spojeny – může dojít k amoci retiny
- na laterální straně – zonulae occludentes (retinální bariéra)
- bohaté na hladké ER (esterifikace vit A)



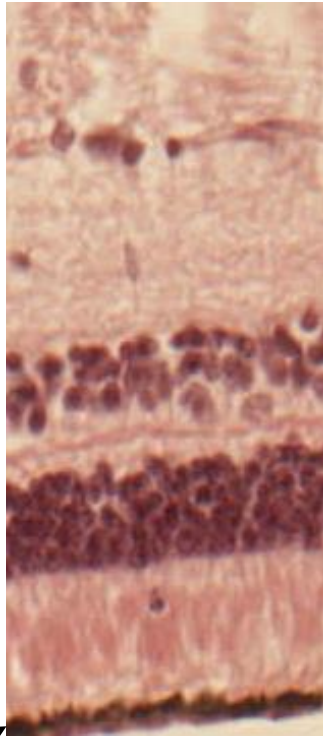
# Pigmentové buňky - funkce

- Absorpce rozptýleného světla (melanin)
- Hemoretinální bariéra a regulace transportu iontů – těsné spoje
- Regenerace retinalu – izomerizace *all-trans*-retinalu z fotoreceptorů na *11-cis*-retinal, který předávají zpět do receptorů
- Odstraňování volných radikálů
- Fagocytóza zbytků fotoreceptorů

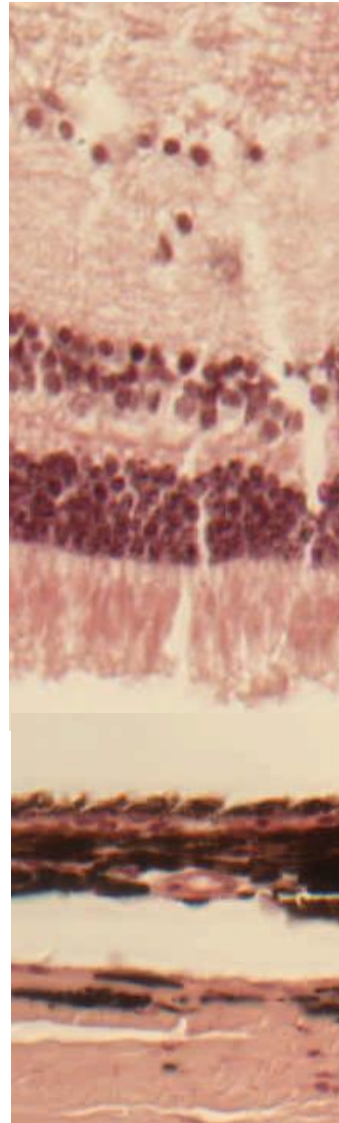


Lehmann 2014 (PMID: 25152359)

# Pigmentové bb. - amoce



normální pozice pigmentového epitelu



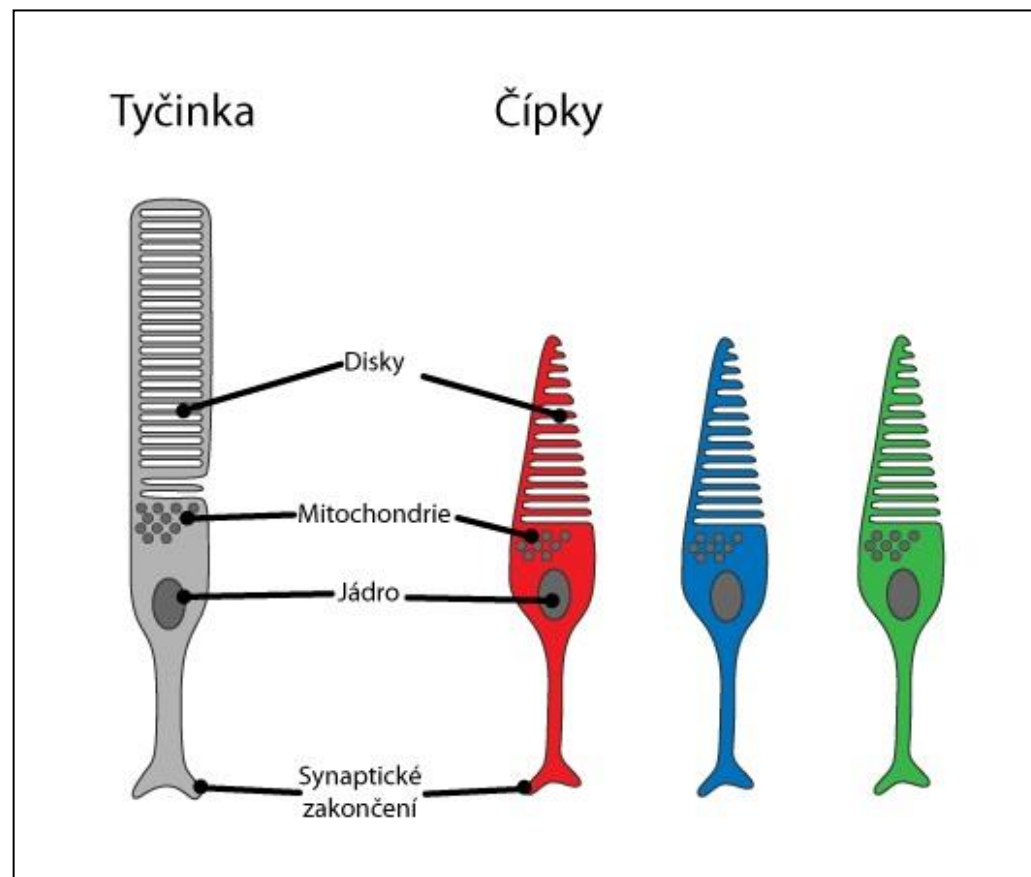
Pigmentové bb. mají pevné spojení na bázi s lamina vitrea cévnatky a naopak žádné pevné spoje na výběžcích apexu, kterými se dotýkají periferních oddílů tyčinek a čípků

Amoce (odtržení) sítnice od cévnatky - pigmentová vrstva zůstává obvykle přichycená na cévnatce

cévnatka

# Tyčinkové a čípkové buňky

- 1. neuron zrakové dráhy
- **tyčinkové buňky** – 130 milionů (rhodopsin)
- **čípkové buňky** – 6-7 milionů (iodopsin)
- v rozsahu vrstev:
  - vrstva tyčinek a čípků až zevní vrstva plexiformní
- **primární smyslové bb** – mají vodivý výběžek

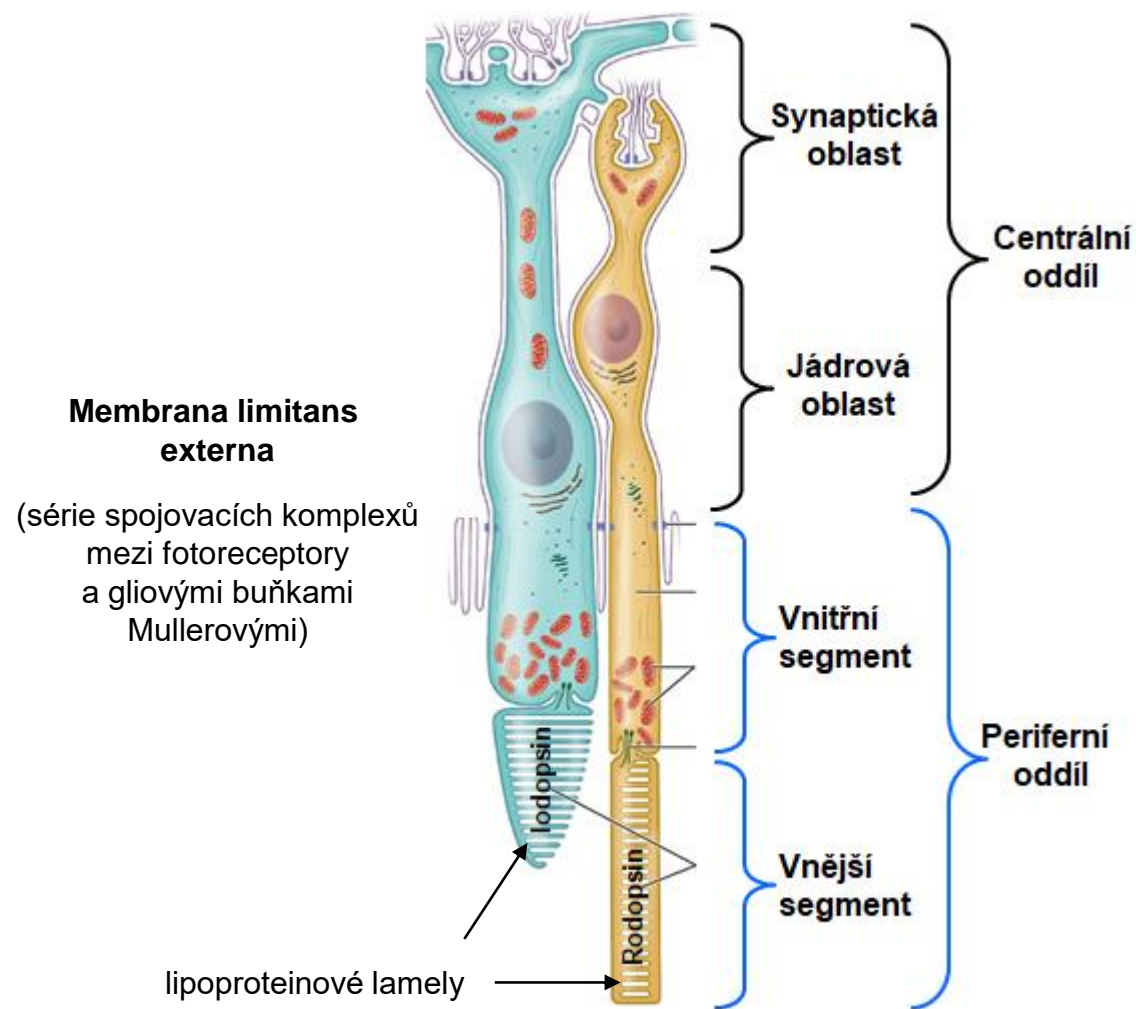


**modré** (maximum absorpce 420 nm),  
**zelené** (maximum 535 nm),  
**červené** (maximum 565 nm)



# Tyčinkové a čípkové buňky

- protáhlé buňky
- **periferní oddíl** – u apexů pigmentových buněk
  - **zevní segment**
  - **vnitřní segment**
- **centrální oddíl** – jádro a vodivý výběžek (axon)

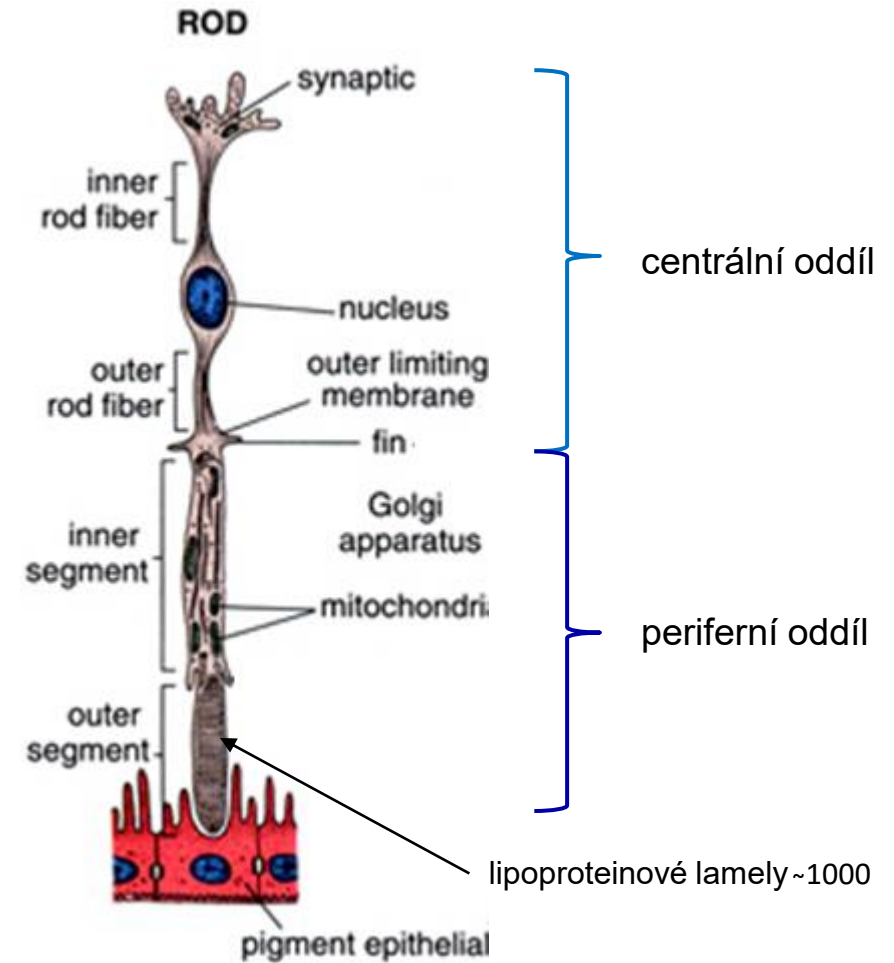


# Tyčinky

- světlo/stín, vidění za šera
- **periferní oddíl**
  - **zevní segment** – příčně uložené lipoproteinové lamely (~1000) obsahují transmembránový **rodopsin** složený z opsinu a 11-*cis*-retinalu (aldehyd vitamínu A)
  - **krček** (atypická axonema – bez centrálního páru mikrotubulů)
  - **vnitřní segment** – mitochondrie, Golgiho aparát, drsné a hladké ER, glykogen
- **centrální oddíl** – tělo s jádrem a vodivý výběžek (axon)

**Lipoproteinové lamely** (membránové disky) se tvoří opakovaným vchlipováním buněčné membrány a posunují se apikálně. Na konci se odloučí. Obnova asi 90 za den.

**Rodopsin** – zrakový purpur- působením světla se rozkládá na žlutý *trans*-retinal a opsin (→ rychlá reverze) nebo při větší intenzitě světla vzniká bílý retinol (→ pomalá reverze)

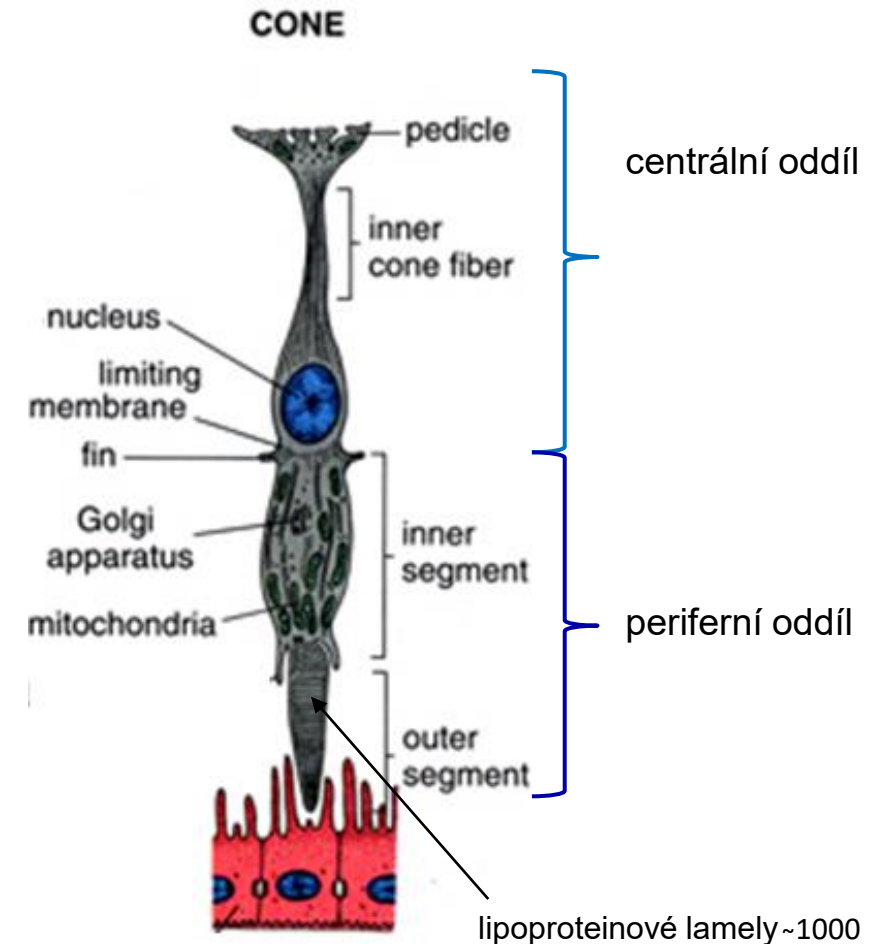


# Čípky

- barevné vidění
- **periferní oddíl** – u apexů pigmentových buněk, kratší a robustnější
  - **zevní segment** - příčně uložené lipoproteinové lamely – **záhyby membrány** obsahují **jodopsin** – pro modré, červené a zelené světlo (jednotlivé druhy čípků mají odlišnou opsinovou část)
  - **krček** (axonema bez centrálního páru mikrotubulů)
  - **vnitřní segment** – mitochondrie, Golgiho aparát, drsné a hladké ER, glykogen
- **centrální oddíl** – tělo s jádrem a vodivý výběžek (axon)

**Lipoproteinové lamely** (membránové disky) se obnovují pomaleji

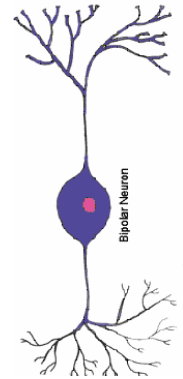
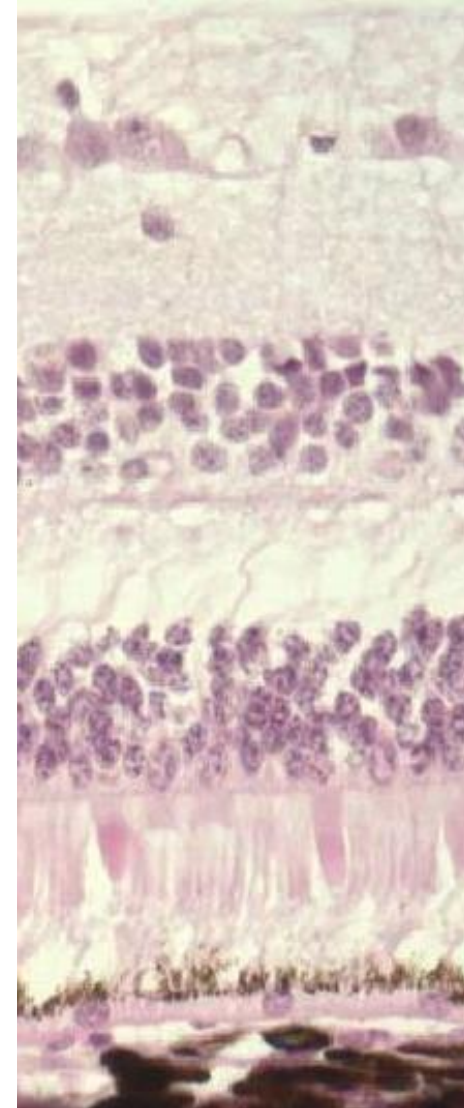
**Jodopsin** se liší od rodopsinu opsinovou částí



## Bipolární neurony

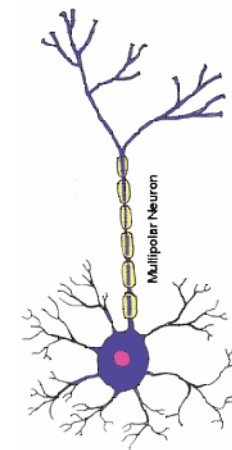
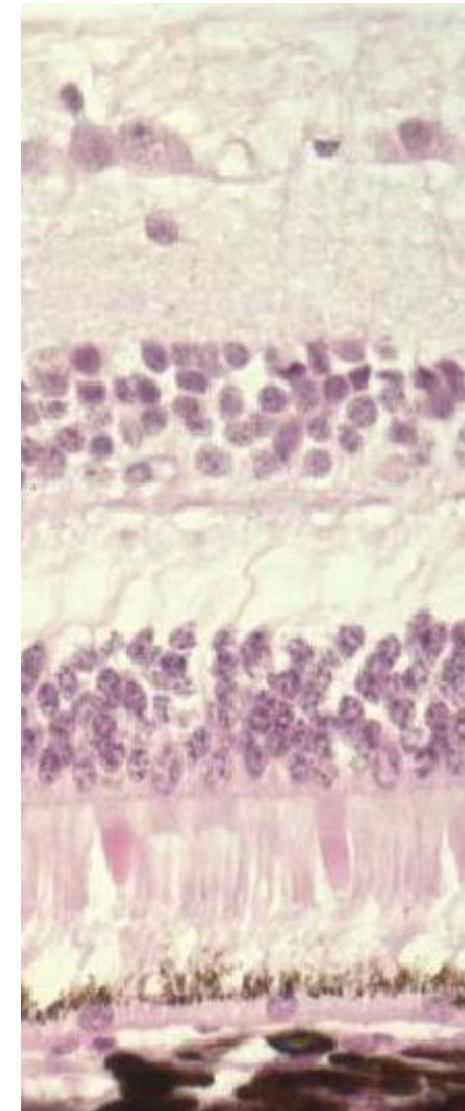
- 2. neuron zrakové dráhy
- vloženy mezi tyčinky a čípky a multipolární neurony
- v rozsahu: zevní vrstva plexiformní – vnitřní vrstva jádrová – vnitřní vrstva plexiformní
- **difúzní bipolární neurony** - synapse s několika **tyčinkovými** nebo **čípkovými** buňkami
- **monosynaptické** - synapse pouze s jednou **čípkovou** buňkou a předání jedné multipolární buňce

neurotransmitter pro komunikaci s bipolární buňkou je u tyčinek glutamát, zatím co u čípků je to acetylcholin



# Multipolární neurony

- 3. neuron zrakové dráhy
- v rozsahu: vnitřní vrstva plexiformní, vrstva gangliových buněk a vrstva nervových vláken
- **difúzní** - synapse s několika bipolárními neurony
- **monosynaptické** - synapse pouze s jedním bipolárním neuronem (signály jen z čípků)
- axony vytváří zrakový nerv - sbíhají se k papile zrakového nervu (slepá skvrna) – po prostupu bělimou získávají myelinové pochvy tvořené **oligodendrocyty (CNS)**

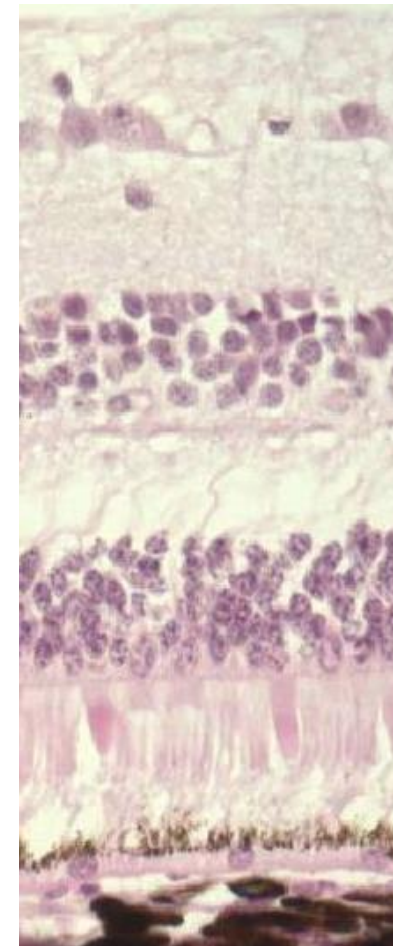
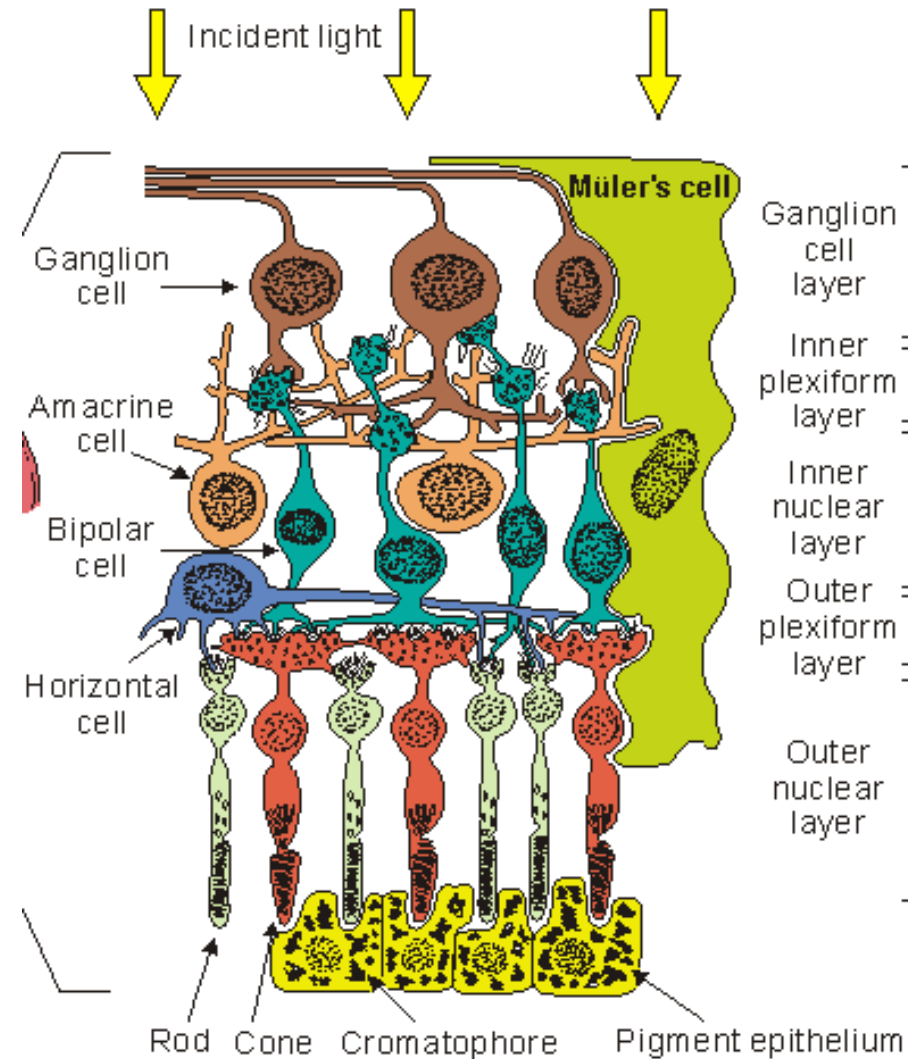


# Interneurons

součástí vnitřní vrstvy jádrové, asociační funkce

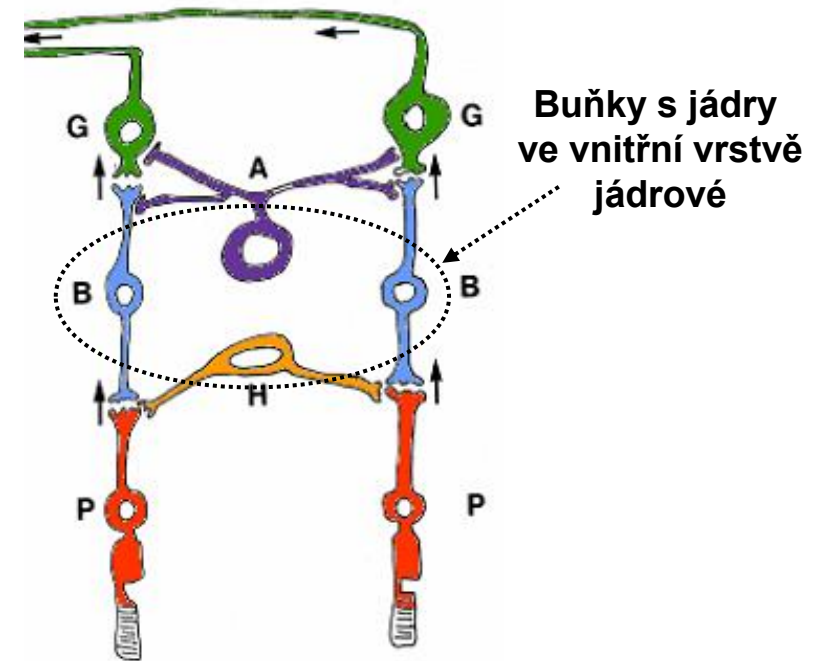
– amakrinní buňky – v sousedství vnitřní plexiformní vrstvy

– horizontální buňky – v sousedství zevní plexiformní vrstvy



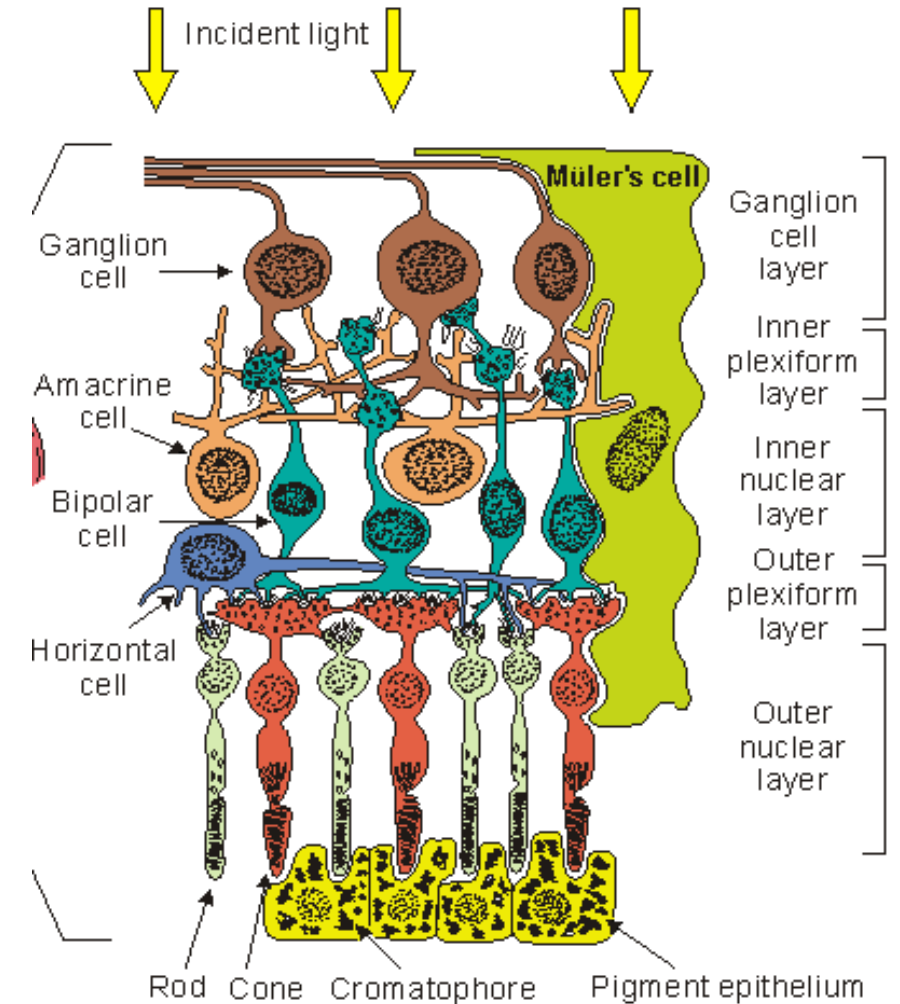
# Interneurony

- **horizontální buňky** – integrují tyčinky a čípky, potlačují signály méně osvětlených míst
- **amakrinní buňky** – anaxonální – zapojují se v oblasti synapsí mezi bipolárním neuronem a gangliovou buňkou (2. a 3. neuron) – odstraňování šumu (nedostatečného signálu)



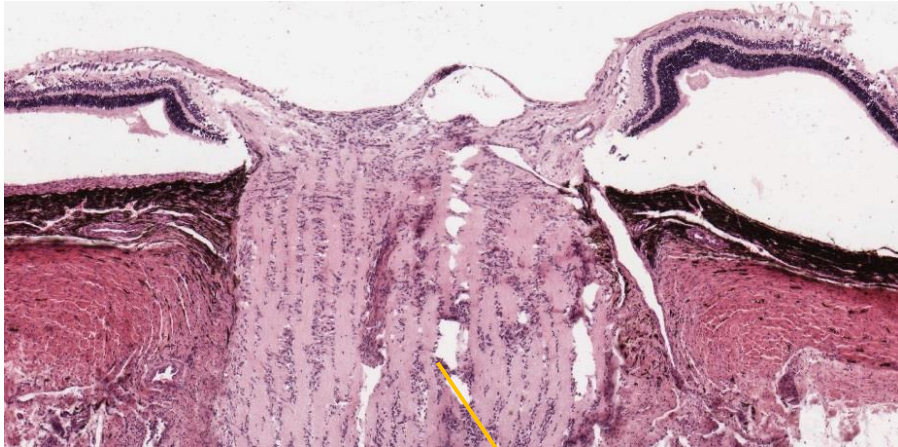
# Müllerovy buňky

- **glie** – podpůrné
- v rozsahu membrana limitans externa po membrana limitans interna
- jádra ve vnitřní vrstvě jádrové
- do stran vysílají hojné **výběžky**, jež **vyplňují mezery mezi neurony a vlákny**
- periferní konce tenké a vytváří série spojovacích komplexů s fotoreceptory a ostatními Mullerovými buňkami = **membrana limitans externa** (3. vrstva sítnice, na hranici periferních a centrálních oddílů fotoreceptorů)
- obdobně opačné konce Mullerových buněk tvoří – **membrana limitans interna** (10. vrstva)



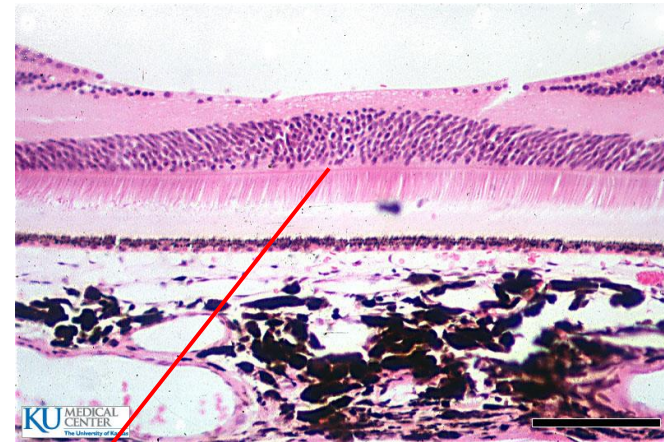


# Sítnice – *discus (papila) nervi optici* x *macula lutea (fovea centralis)*



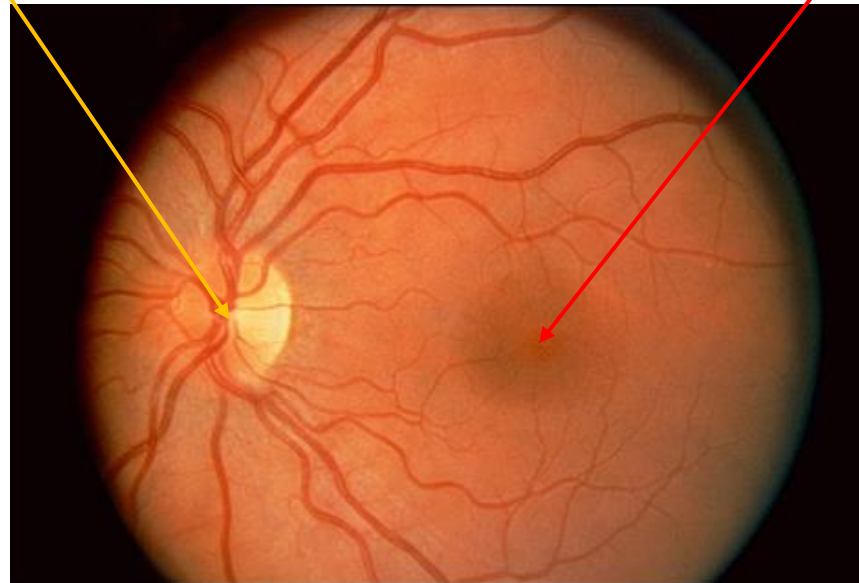
slepá skvrna

odstup zrakového nervu – vrstva nervových vláken



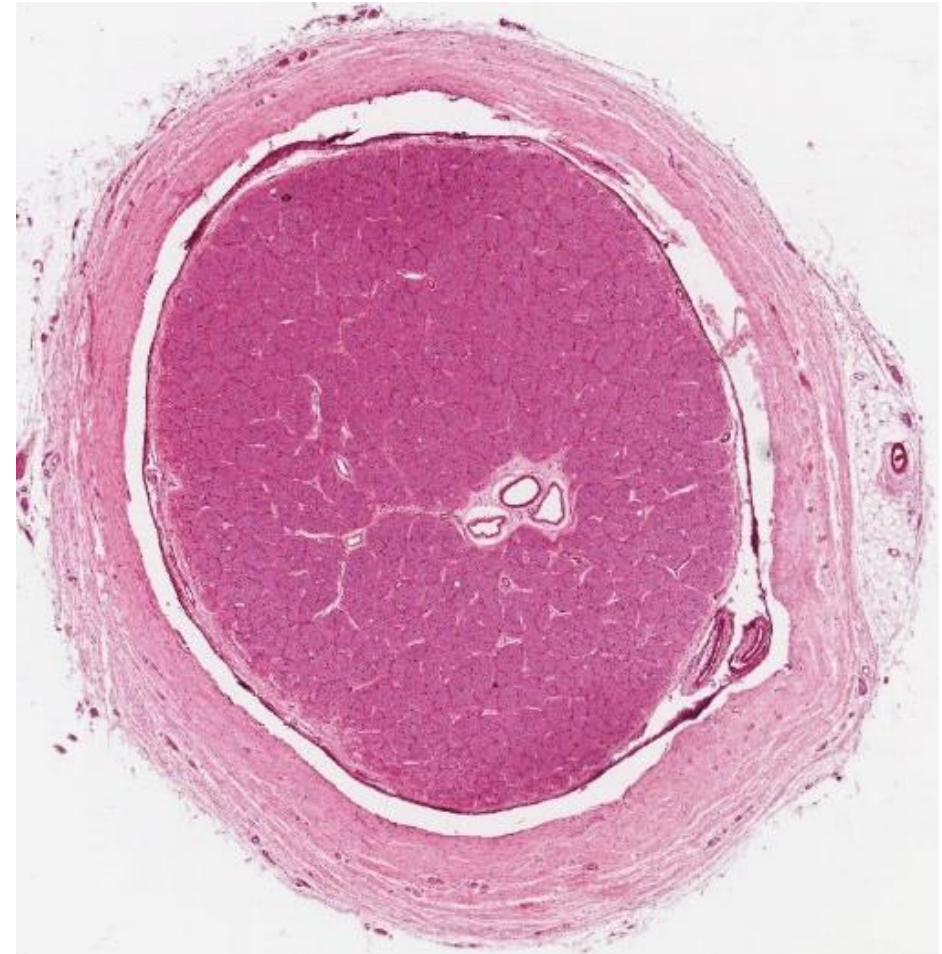
žlutá skvrna

vrstvy sítnice zredukovány, jen čípky, monosynaptické napojení na bipolární a multipolární neurony; karotenoidy chrání proti krátkovlnnému záření



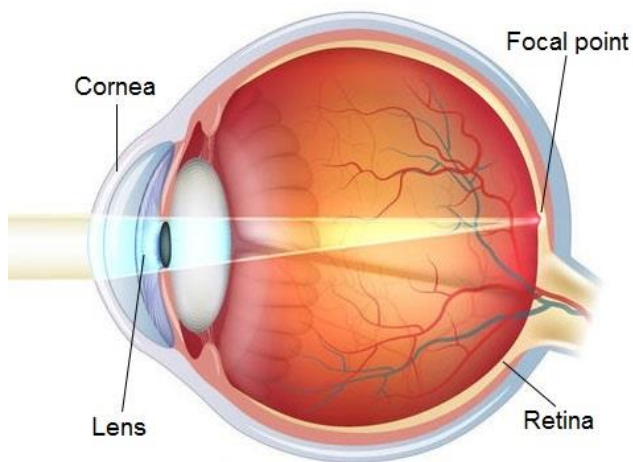
# Fasciculus opticus – nervus opticus

- vazivové obaly - **meningy**
- vazivová septa vznikající z pia mater oddělují nervová vlákna
- axony jsou obaleny **oligodendrocyty**, (astrocyty, mikroglie jsou také přítomny)
- v centru **arteria a vena centralis retinae**



## Dioptrická prostředí oka

- prochází přes ně světlo k sítnici
- rohovka
- komorová tekutina
- čočka
- sklivec

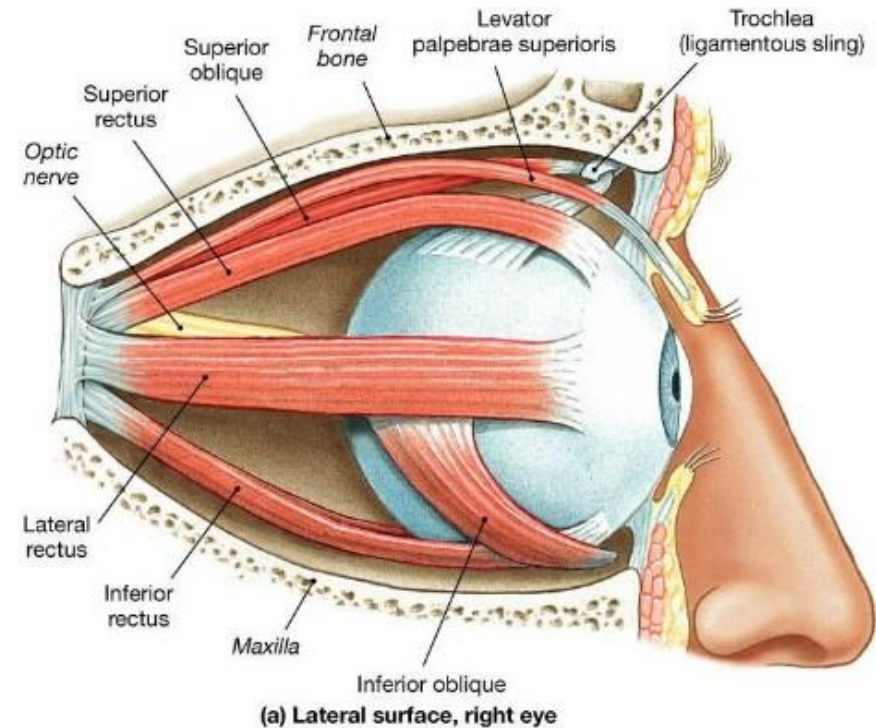


## Optická mohutnost oka

- celkem 62.5 D
- komorová voda a sklivec celkovou optickou mohutnost téměř neovlivňují
- rohovka - 2/3 celkové optické mohutnosti oka ~42 D
- čočka – ~ 16 – 20 D (liší se dle akomodace na blízko/do dálky)

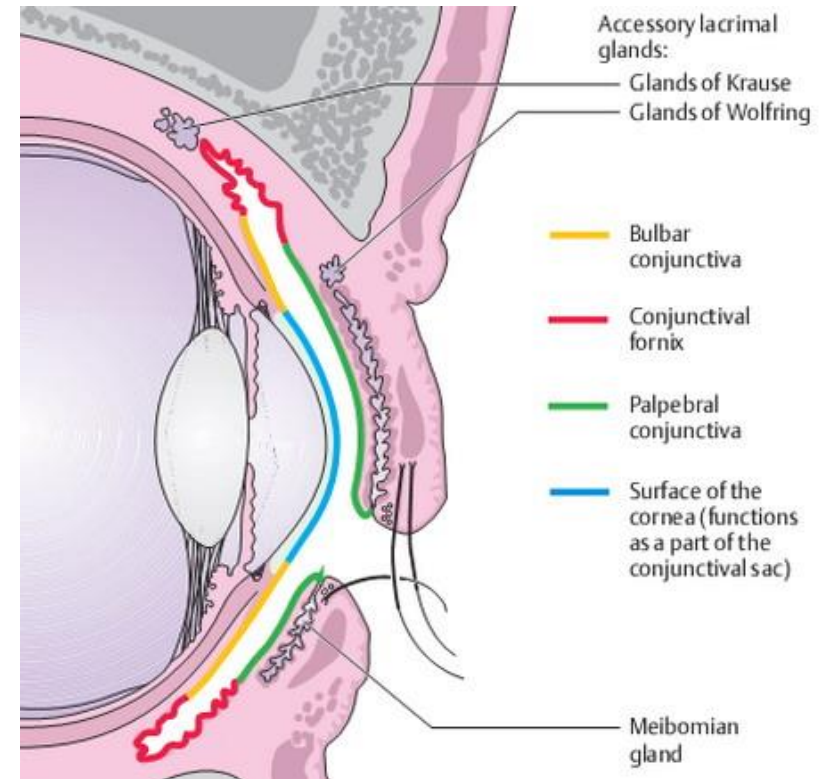
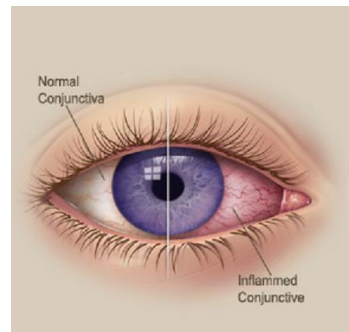
# Přidatné struktury oka (pomocná zařízení)

- spojivka
- víčko
- slzný aparát
- okohybné svaly



# Spojivka (*tunica conjunctiva*)

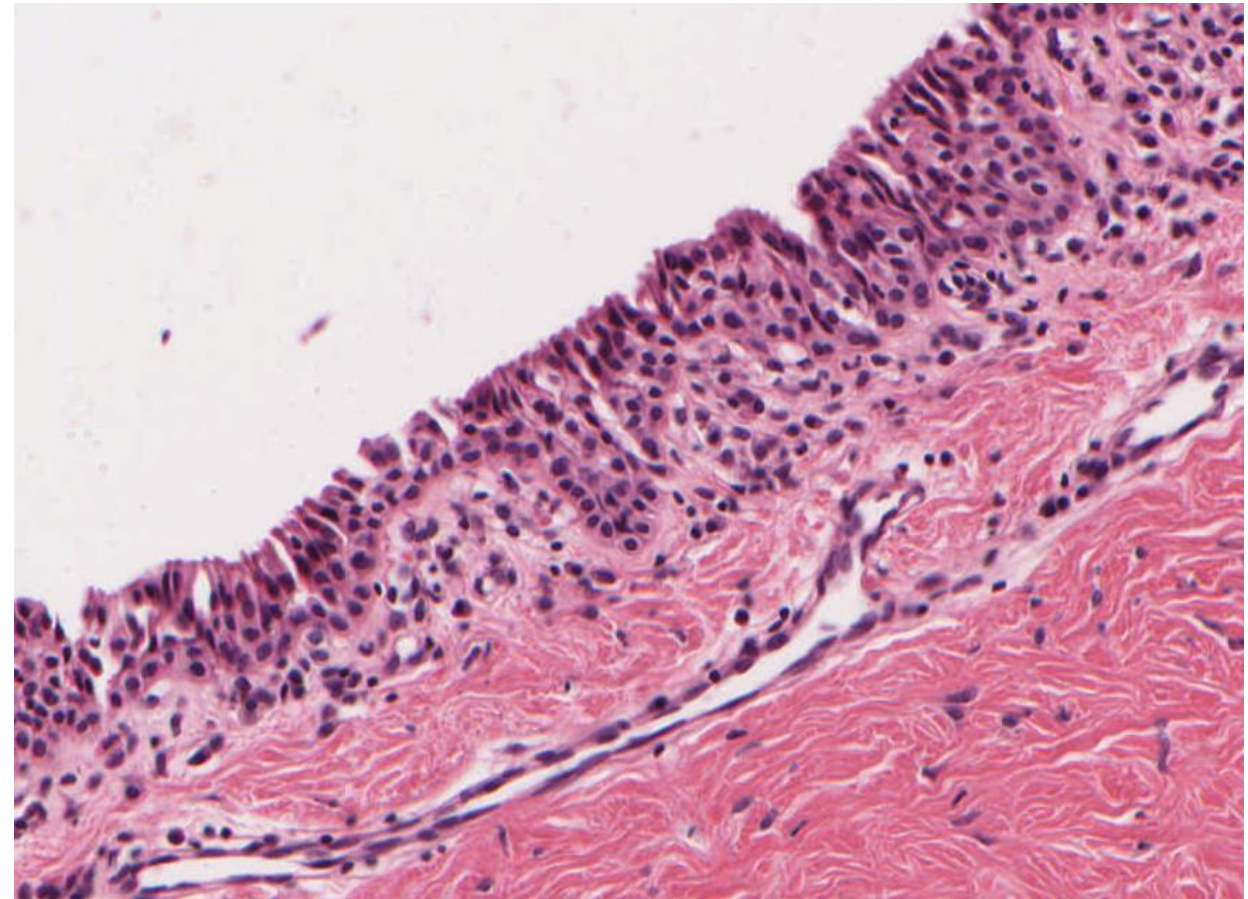
- tenká slizniční blanka
- **bulbární část** – kryje přední část bělimy
- **palpebrální část** – kryje vnitřní stranu víčka
- přechází v sebe ve *fornix conjunctivae*



# Spojivka (*tunica conjunctiva*)

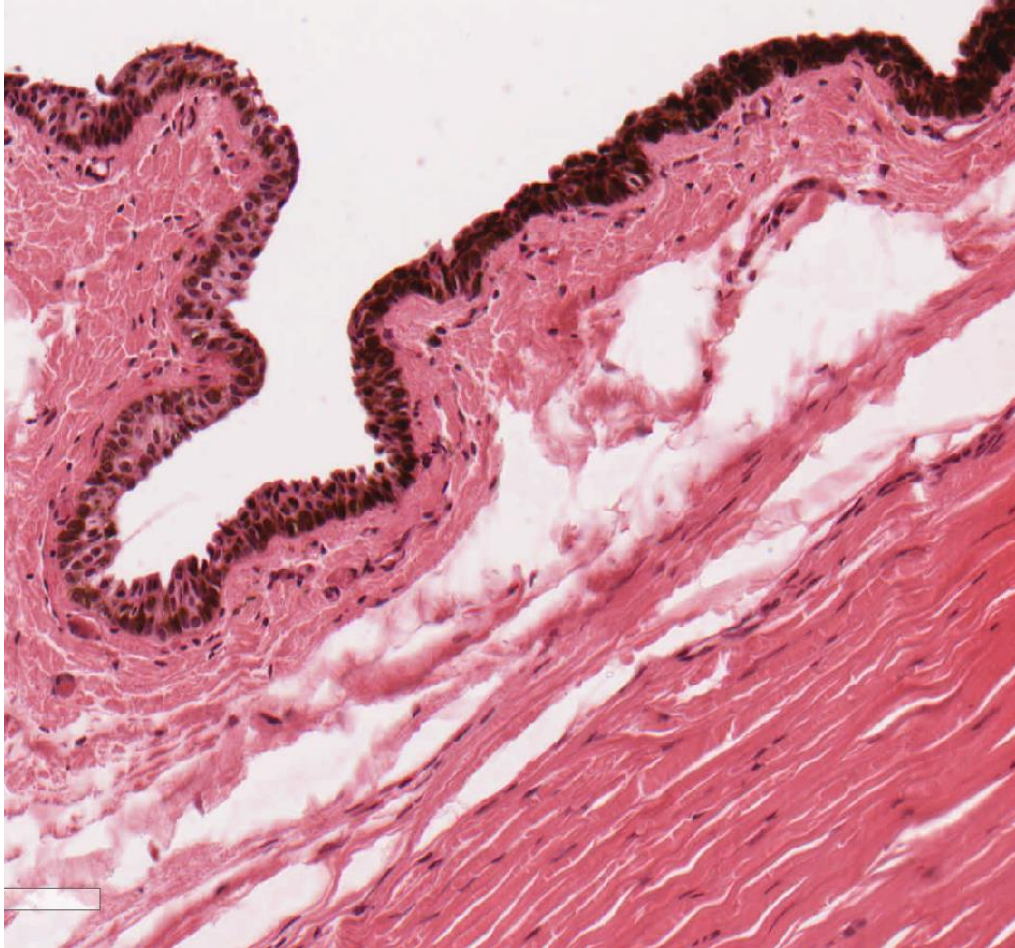
## Sliznice

- epitel vrstevnatý cylindrický s  
jednobuněčnými a mnohobuněčnými  
endoepitelovými žlázkami
- lamina propria (slizniční vazivo) – na  
víčku **husté kolagenní** vazivo, na bulbu  
a ve fornixu **řídké kolagenní vazivo**,  
četné cévy a nervy
- ve fornixu horního víčka mohou být  
**glandulae lacrimales accessoriae**

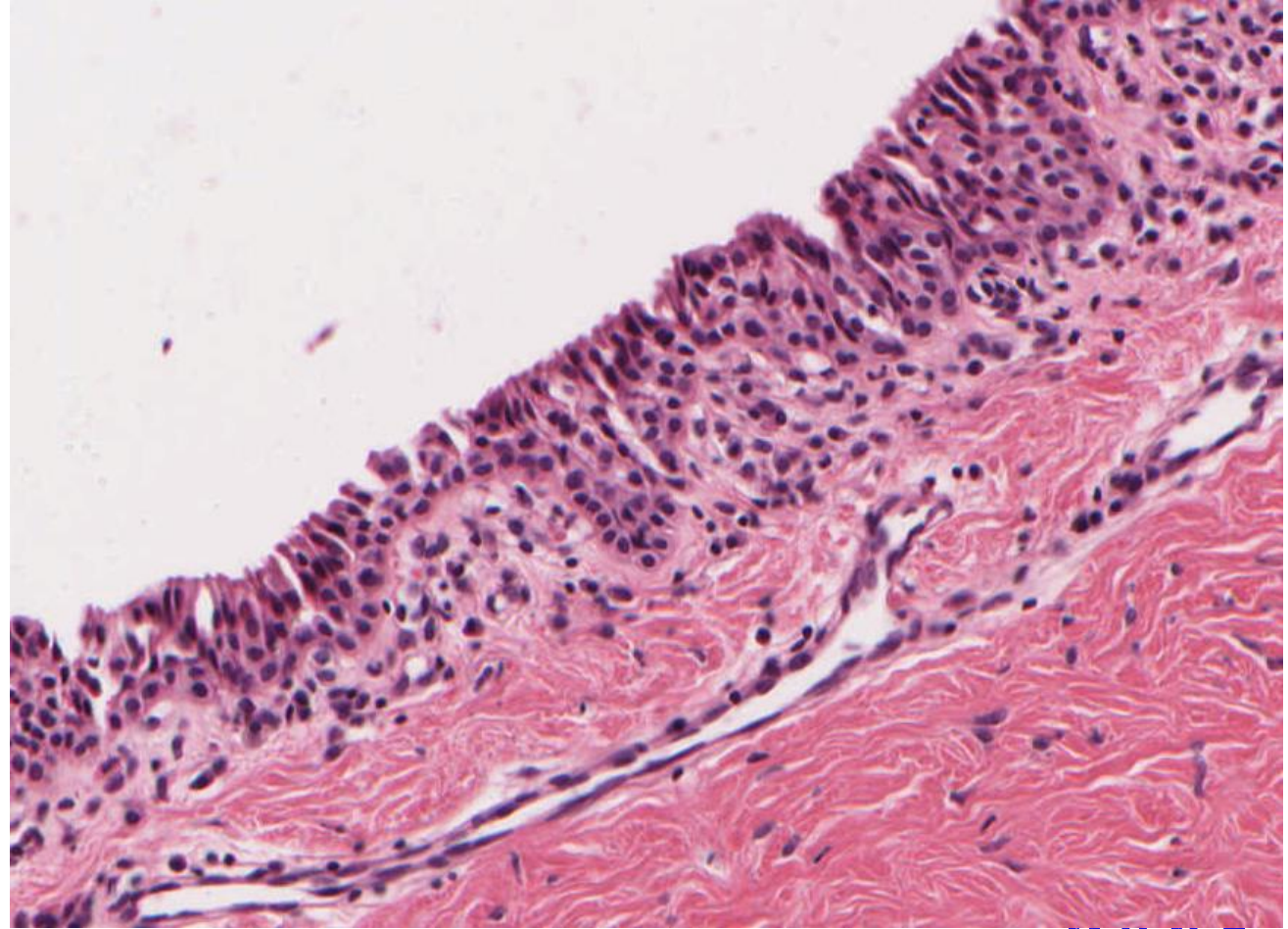


Spojivka na víčku

## Spojivka (*tunica conjunctiva*)

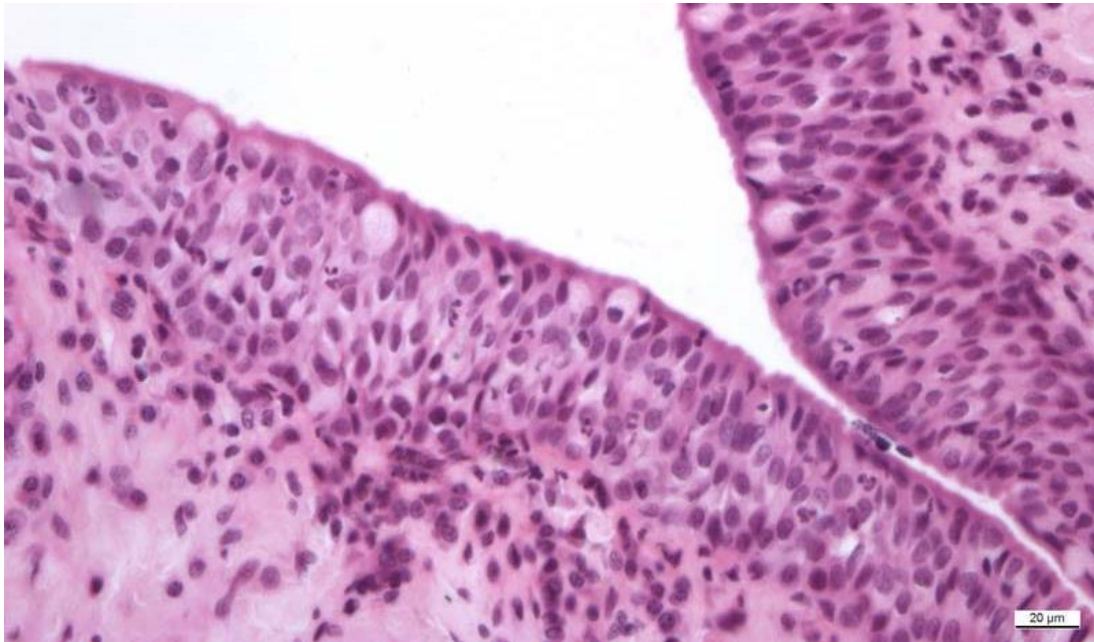


Spojivka naléhající na bulbus - bělimu

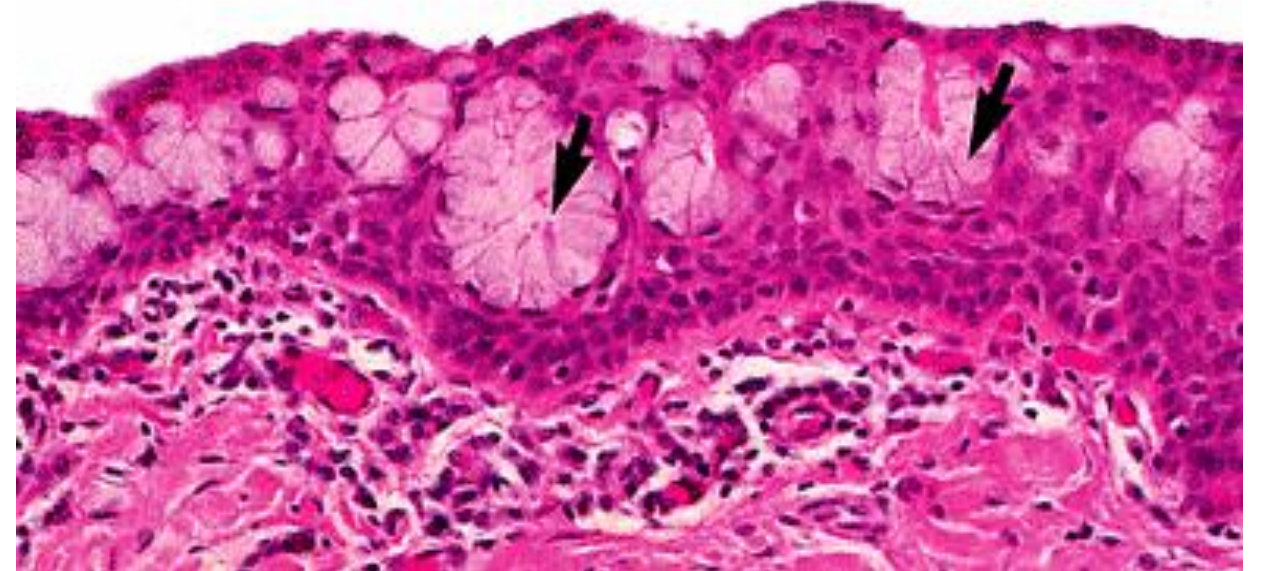


Spojivka na víčku

# Spojivka (*tunica conjunctiva*)



jednobuněčné žlázy v epitelu



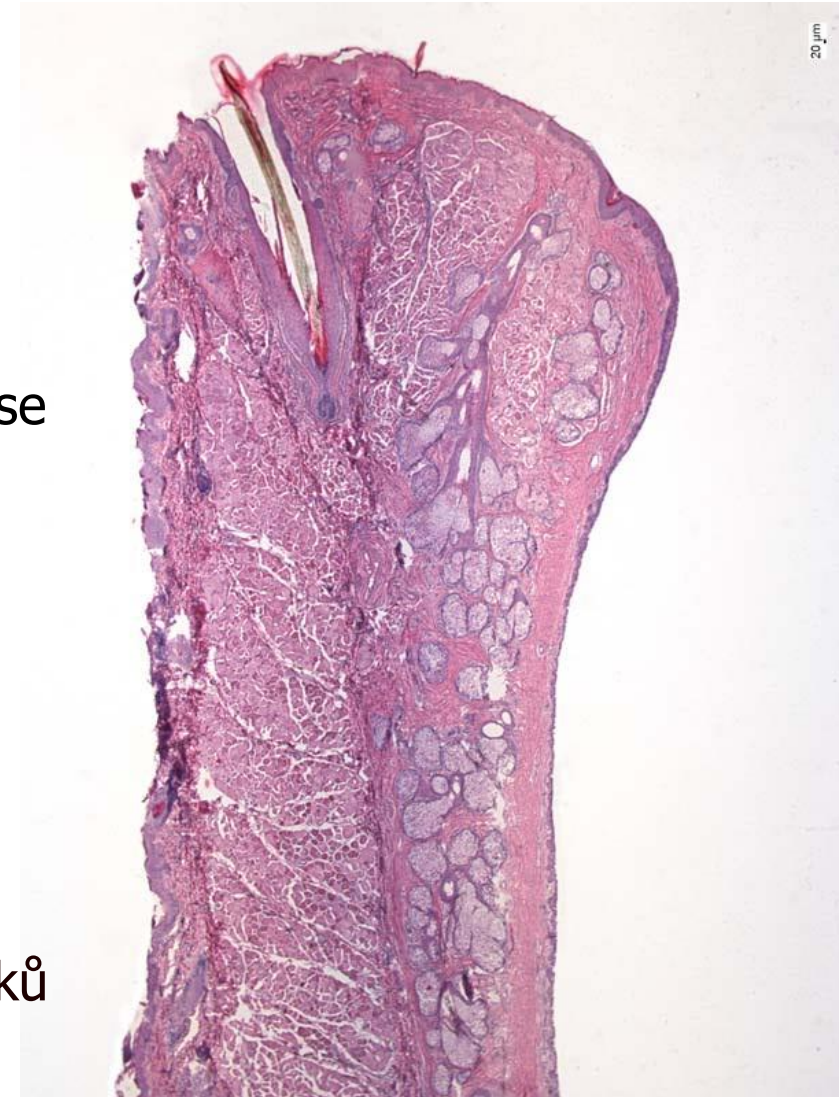
mnohobuněčné endoepitelové žlázy

Mucinózní sekret je součástí slzného filmu

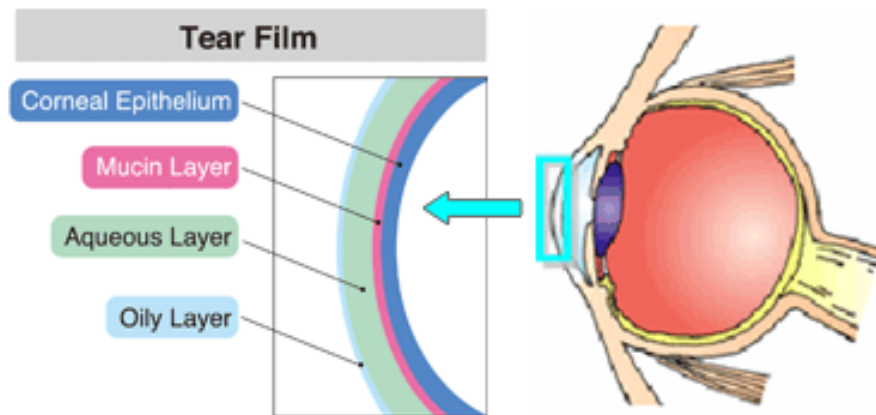
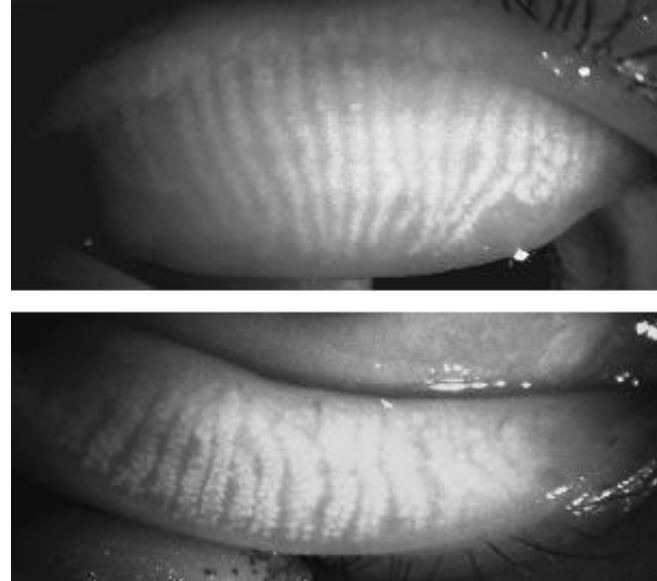


## Oční víčko (*palpebra*)

- zevní strana – kožní – tenká kůže a řídké podkožní vazivo bez tukových buněk
- vnitřní strana – spojivková – viz výše
- přechází v sebe na **volném okraji** – zde ve 3-4 řadách **řasy** v ose **tarsální ploténka** (husté kolagenní vazivo)
- dále *m. orbicularis oculi* a *m. levator palpebrae* (kosterní) a *m. tarsalis* (hladká svalovina)
- Meibomovy žlázy (*gll. tarseae*) – uložené v tarsální ploténce, rozvětvené alveolární mazové žlázy, které ústí do jednoho společného vývodu – ústí na volném okraji víčka mezi řasami
- Zeissovy žlázy (*gll. sebaceae ciliares*) – ústí do váčků řas, mazové
- Mollovy žlázy (*gll. sudoriferae ciliares*) – částečně ústí do váčků řas, částečně volně na volném okraji, apokrinní potní



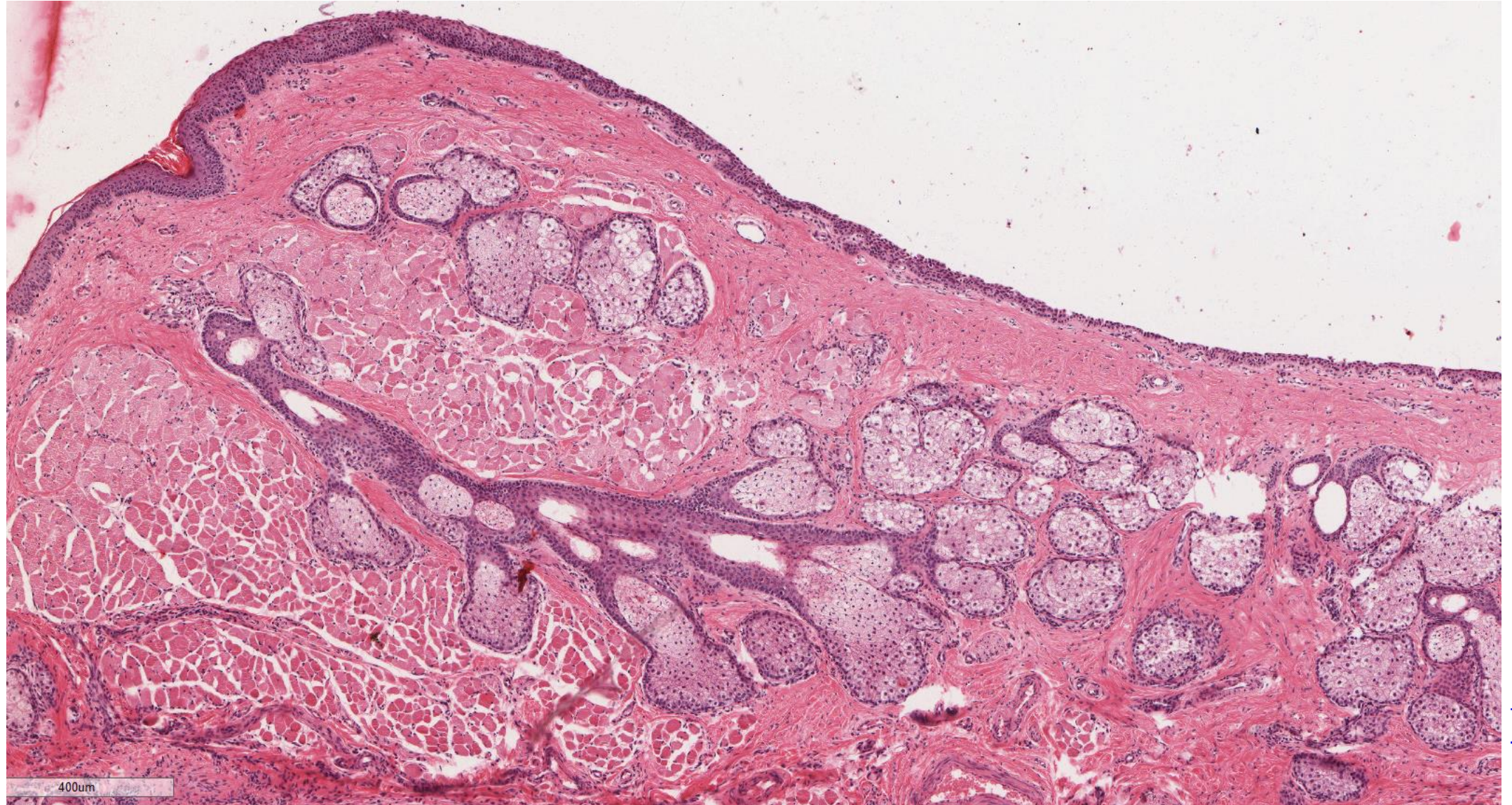
# Meibomovy žlázy



produkce olejovité substance, která chrání slzný film před nadměrným odpařováním

<http://www.topcon.co.jp/en/eyecare/product/diag/sl/bg.html>

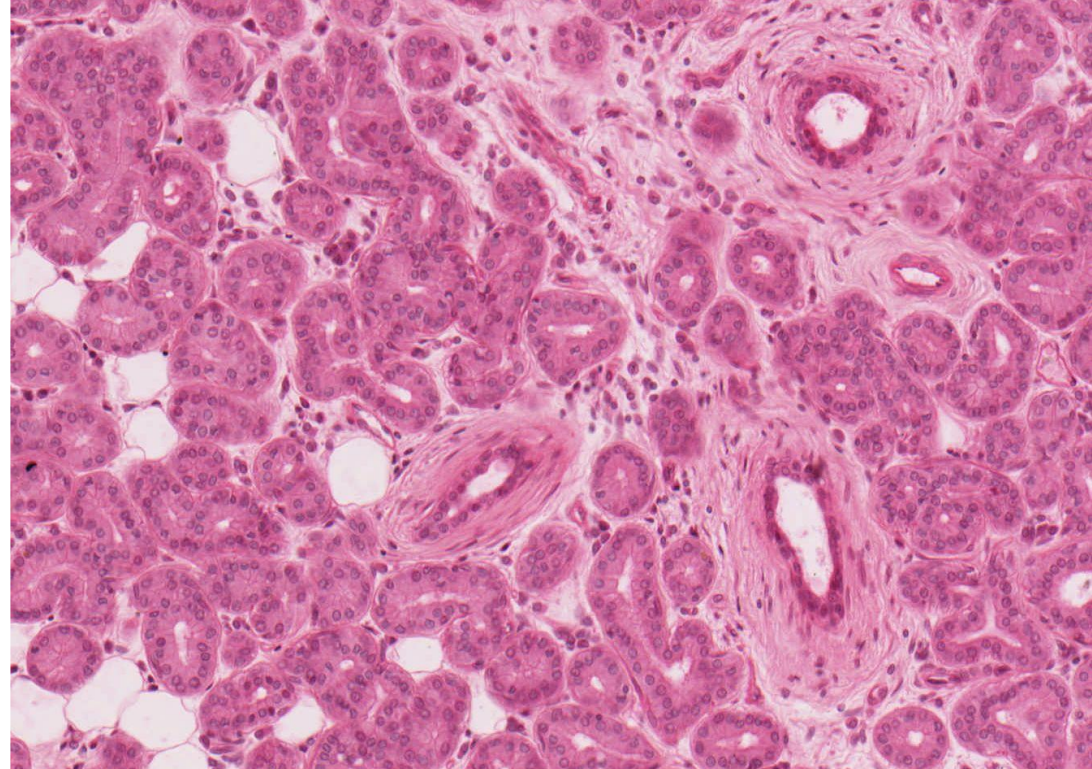
# Tarsální ploténka s Meibomovými žlázami





# Slzná žláza (glandula lacrimalis)

- složená serózní žláza
- **serózní aciny** se zřetelným lumenem obkroužené myoepitelovými buňkami
- tenké vývody také obkroužené myoepitelovými buňkami – spojáním vývody hlavní (asi 12 samostatných vývodů)
- **slzy** – 1-2 ml denně - **zvlhčují rohovku a spojivku**, vysoký obsah **lysozymu** (baktericidní)

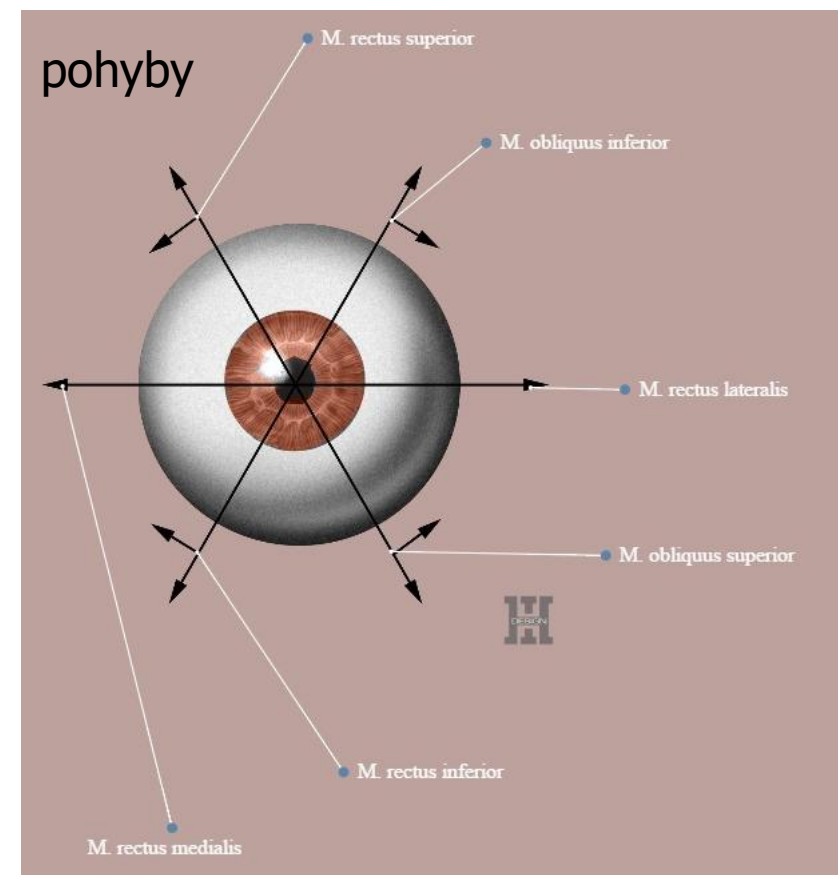
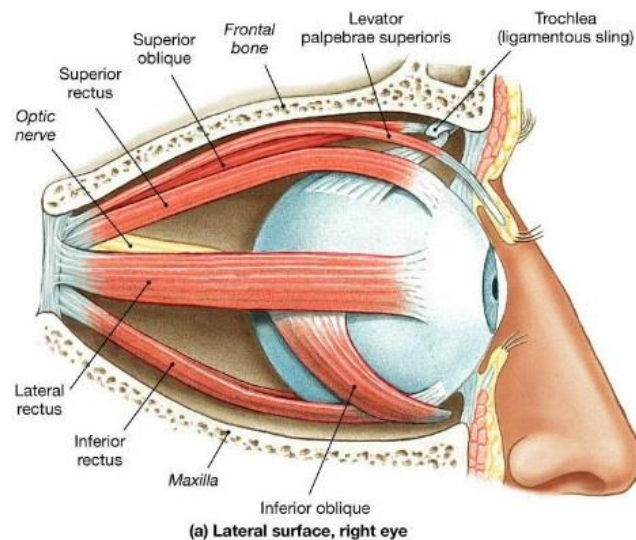


Přidatné slzné žlázy (Krausei) – 5-40 do horního a 1-10 do dolního spojivkového vaku

# Okohybné svaly

- **příčně pruhovaná svalovina**
- **1 neuron** inervuje **3-5 svalových vláken** → velmi přesná a odstupňovaná kontrakce a souhra
- **trochlea**

- *m. rectus superior* (n. III)
- *m. rectus inferior* (n. III)
- *m. rectus lateralis* (n. VI)
- *m. rectus medialis* (n. III)
- *m. obliquus superior* (n. IV)
- *m. obliquus inferior* (n. III)
- + *m. levator palpebrae* (n. III)

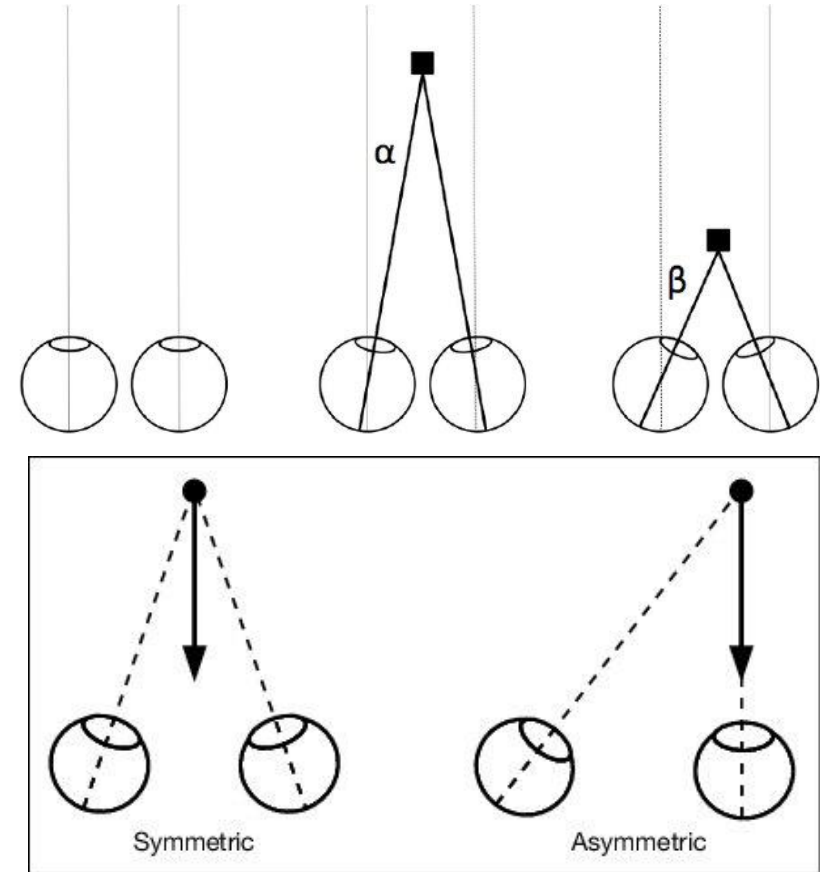


Společná šlacha *anulus tendineus communis* v hrotu očnice  
(kromě *m. obliquus inferior*)

<http://www.terminologia-anatomica.org/Content/Media/1962/381.jpg>

# Princip konvergence

- konvergence – současné stáčení obou bulbů nasálním směrem tak, aby obraz dopadal do žluté skvrny
- zajišťována okohybnými svaly
- symetrická – pokud je pozorovaný předmět ve střední rovině zorného pole
- asymetrická – pokud je pozorovaný předmět mimo střední rovinu zorného pole



Straumann 2009 (PMID: 17314481)

Strabismus – konkominantní - úhel šilhání je ve všech směrech stejný  
- paralytický - úhel šilhání se v různých směrech liší – narušena motilita očí