

Mikroskopická stavba smyslových orgánů

Aleš Hampl

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 tělíška

Složité čidla

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

Orgán zraku - Oko

Analyzuje tvar, intenzitu a barvu světla odraženou objekty

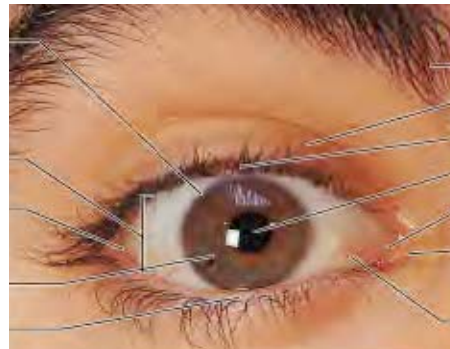
Oční koule

(s trojvrstvou strukturou)

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

Přídavné struktury oka

- víčko,
- spojivka
- slzný aparát
- okohybné svaly



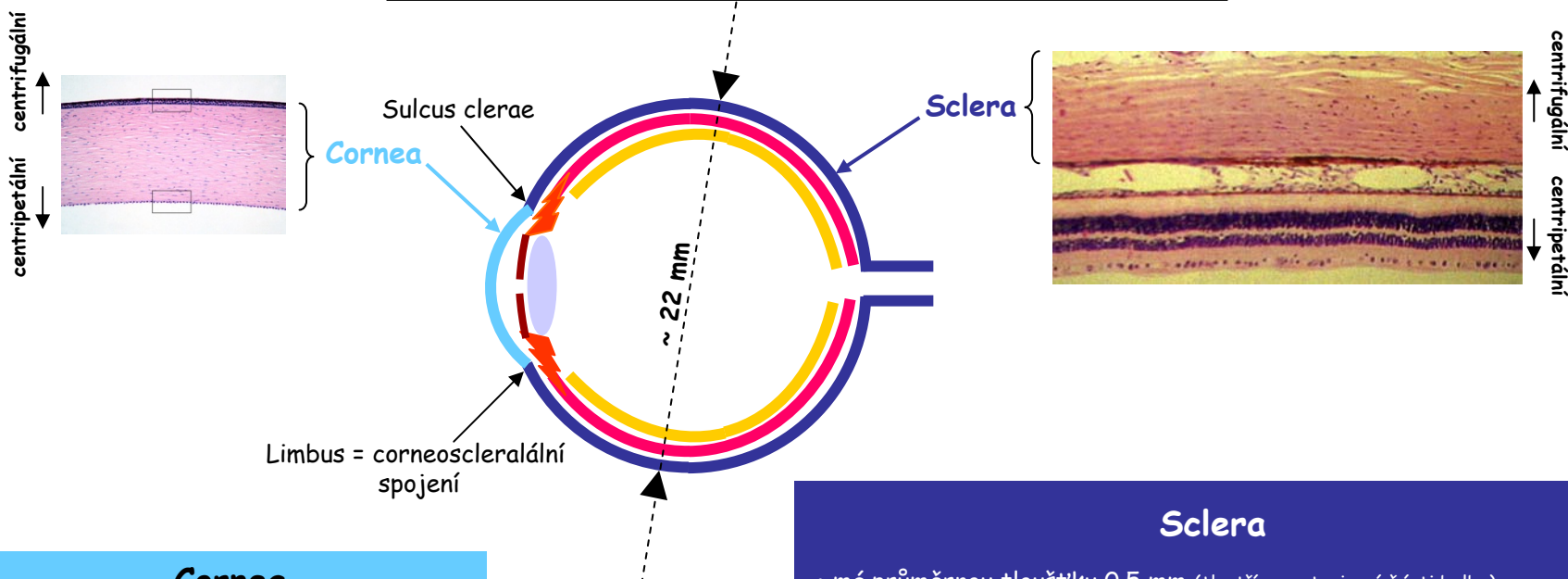
Jaké požadavky by struktury oka měl splnit ?

- 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

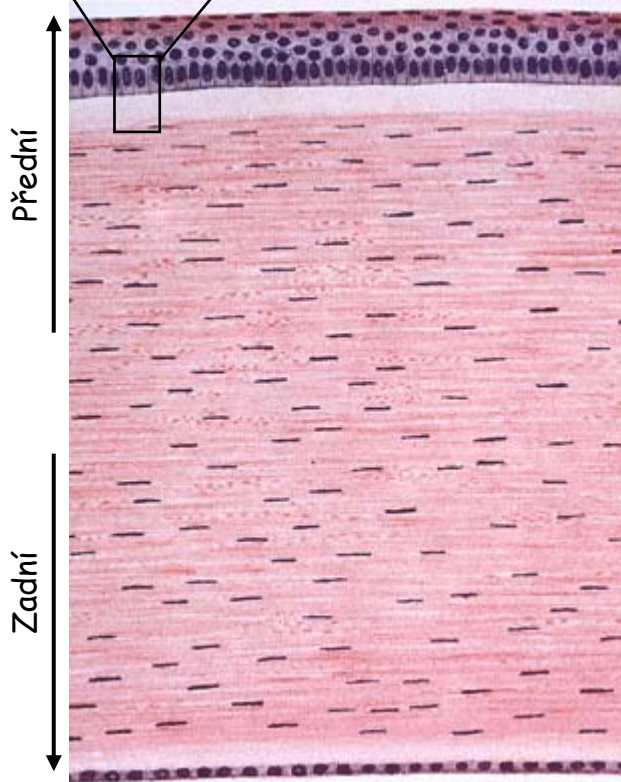
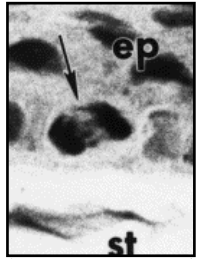
- má průměrnou tloušťku asi 0.9-1.0 mm
- je bezbarvá
- je transparentní
- je zcela avaskulární
- sestává z 5-ti odlišitelných vrstev

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 ojedinelé fibroblasty
- je relativně avaskulární
- je spojena řídkým vazivem s **Tenonovou membránou** - vytváří **Tenonův prostor**, který umožňuje volný pohyb oční koule
- s cévnatkou je spojena prostřednictvím **lamina suprachoroidea** (přídké vazivo s ojedinelými melanocyty, fibroblasty a elastickými vlákny)

Cornea (transverzální řez)



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

Přední epitel rohovky

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 oploštělé 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

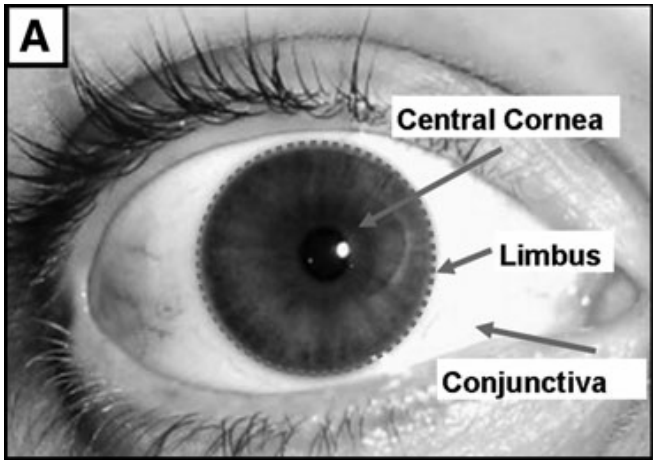
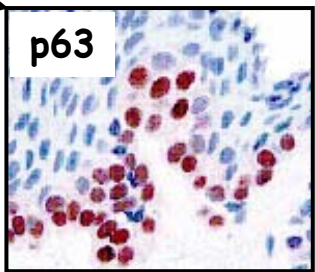
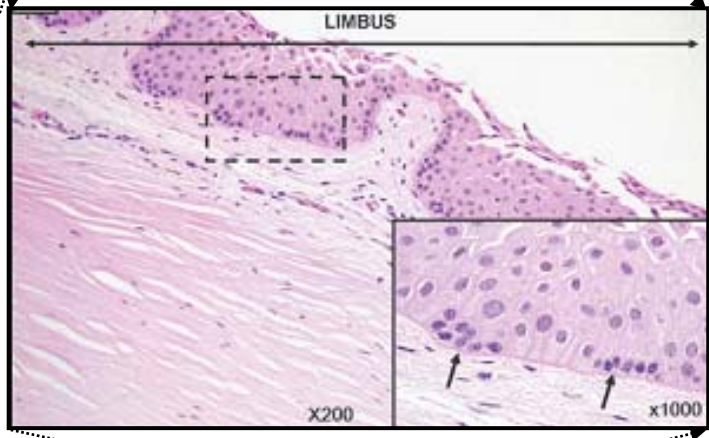
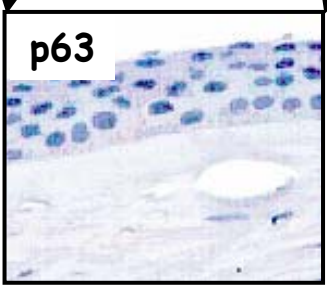
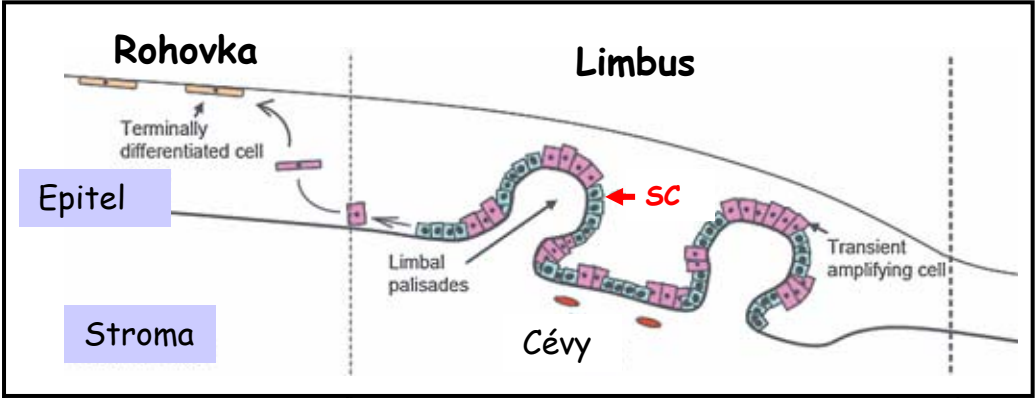
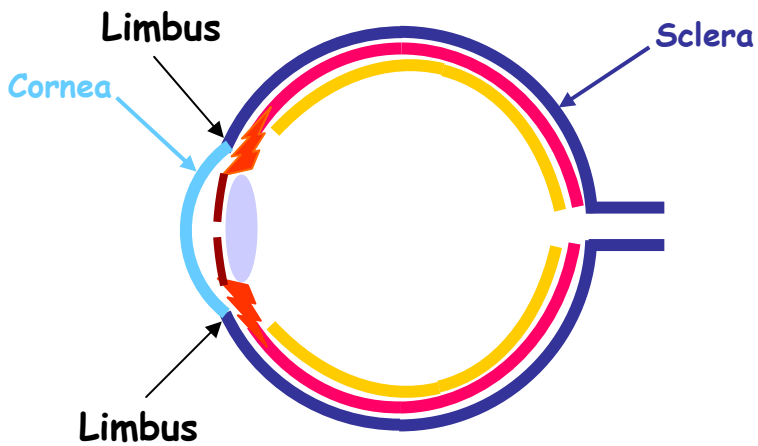
- jednovrstevný dlaždicový epitel
- svojí aktivitou udržuje ve správném stavu stroma rohovky
- přechází na na přední plochu duhovky (přes spongium anguli iridocornealis)

Schopnost regenerace

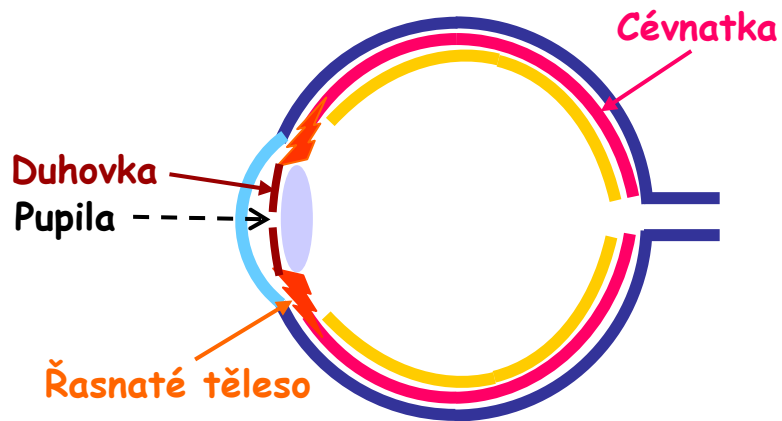
Limbus - corneosclerální spojení

Je oblast přechodu transparentních kolagenních vláken rohovky v netransparentní kolagenní 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 silnější cévy a nervová vlákna

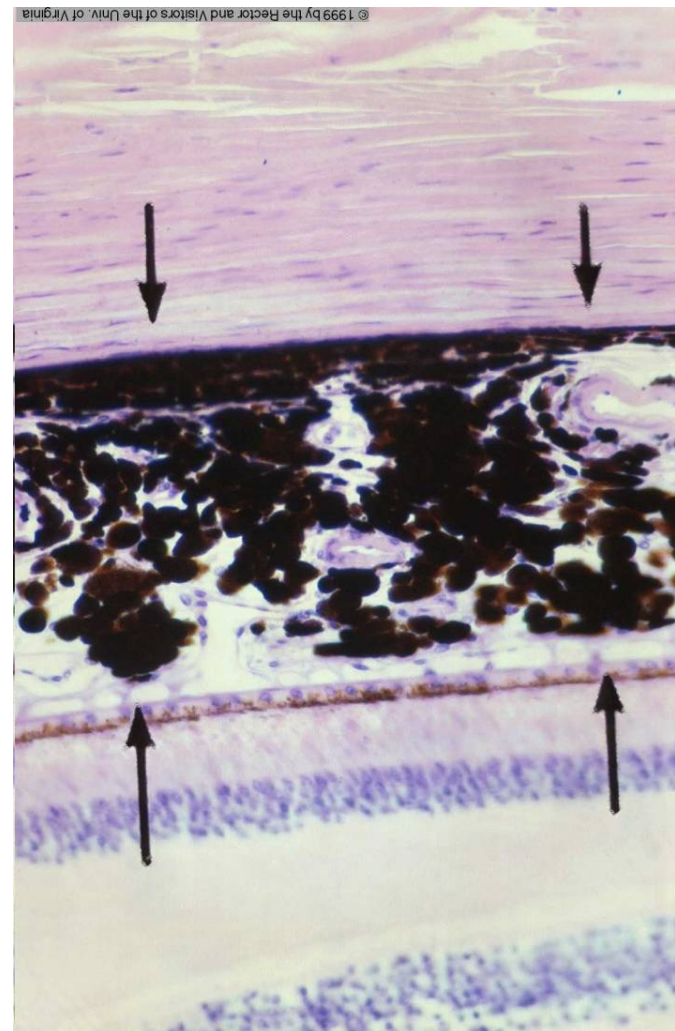
Lamina choriocapillaris

- 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

Cévnatka



Sclera

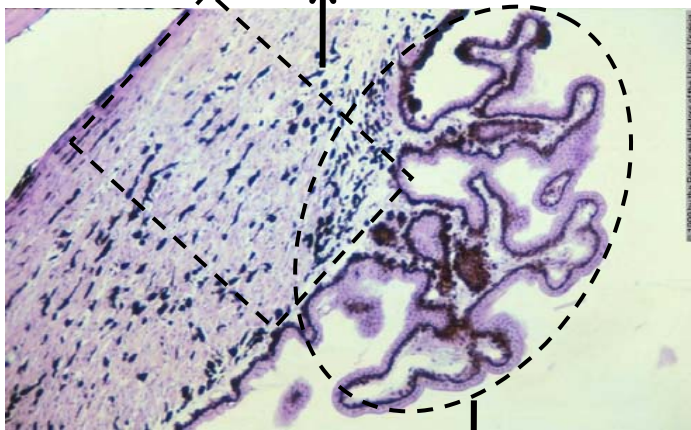
Retina

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*)



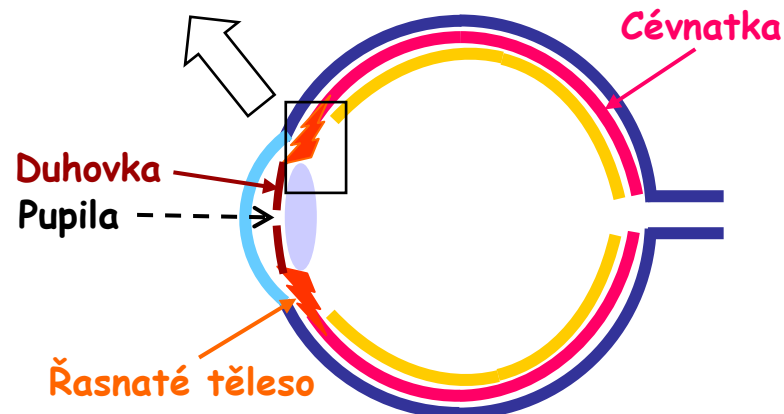
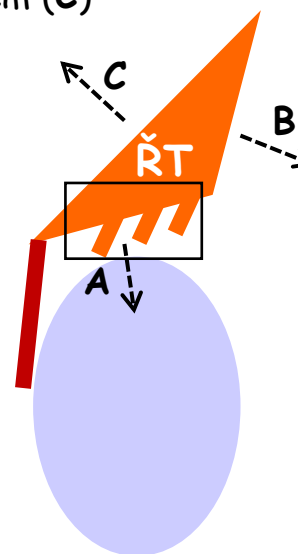
Výběžky ŘT (Processus ciliares)

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

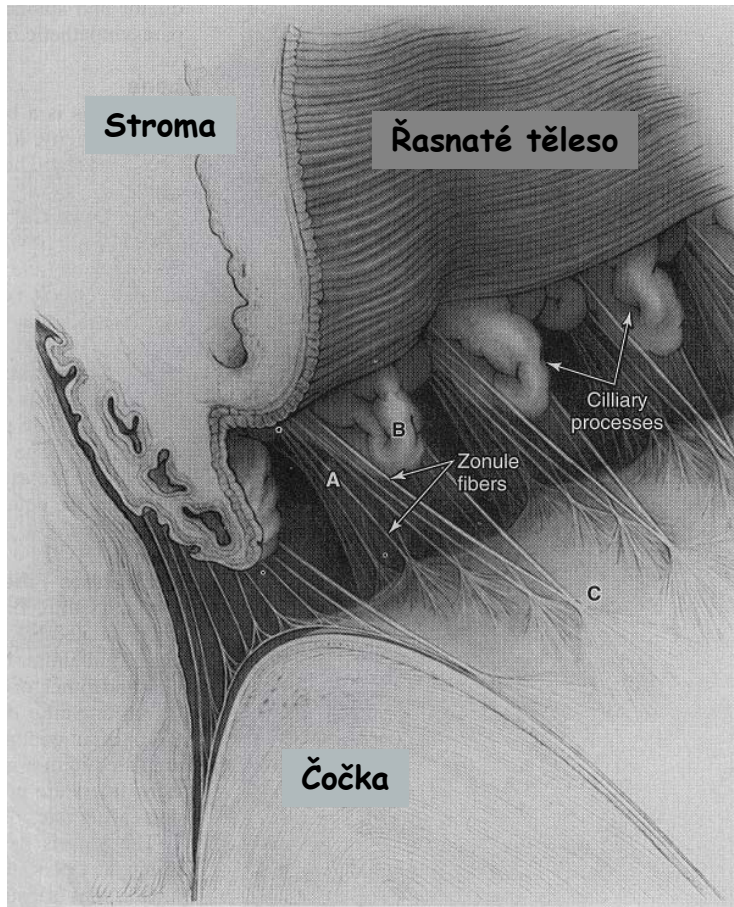
Trojúhelníkovité na řezu

Stýká se s:

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



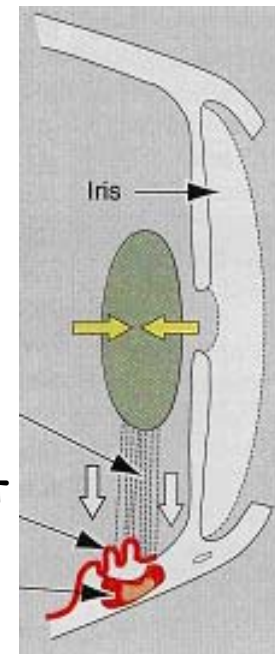
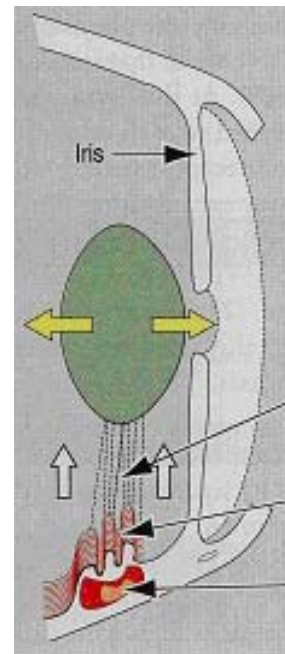
Řasnaté těleso



Akomodace čočky

Vidění na blízko

Vidění do dálky

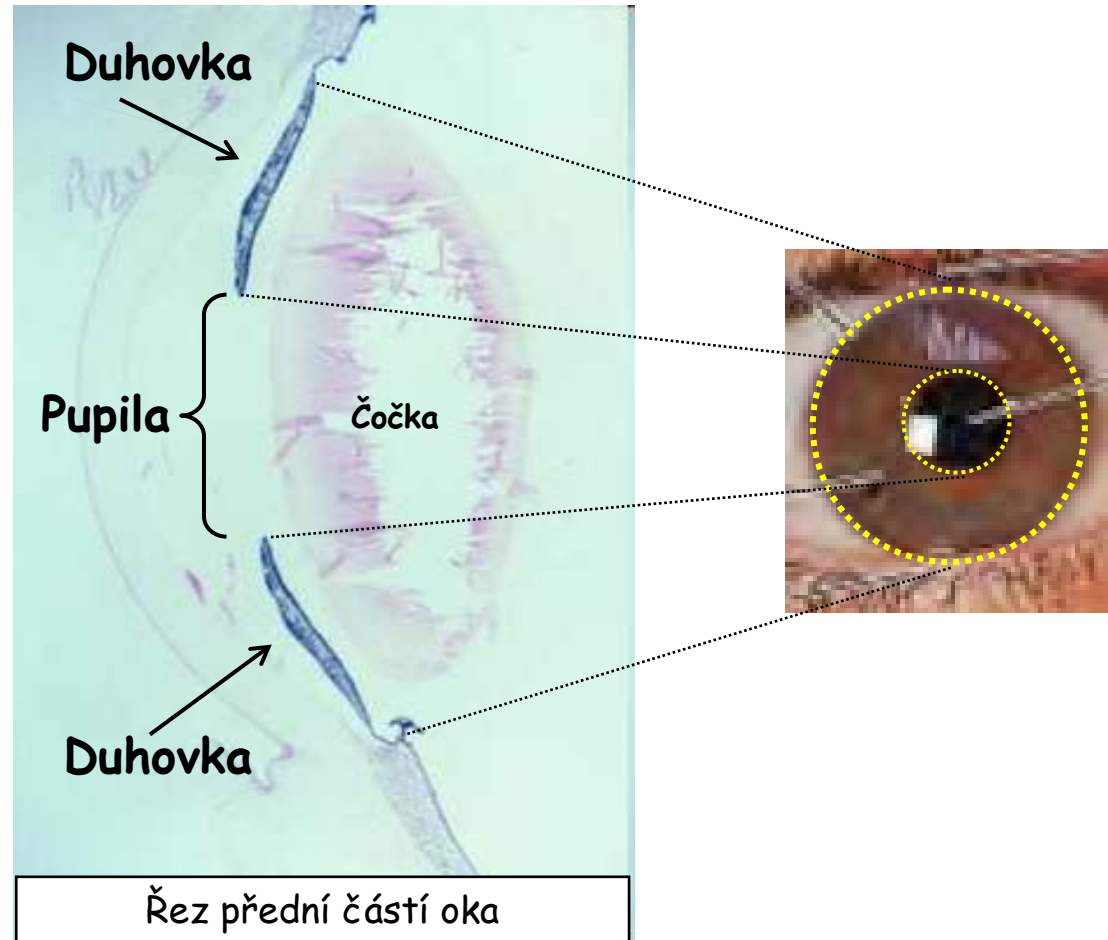


- sval kontrahován
- zonulae uvolněny

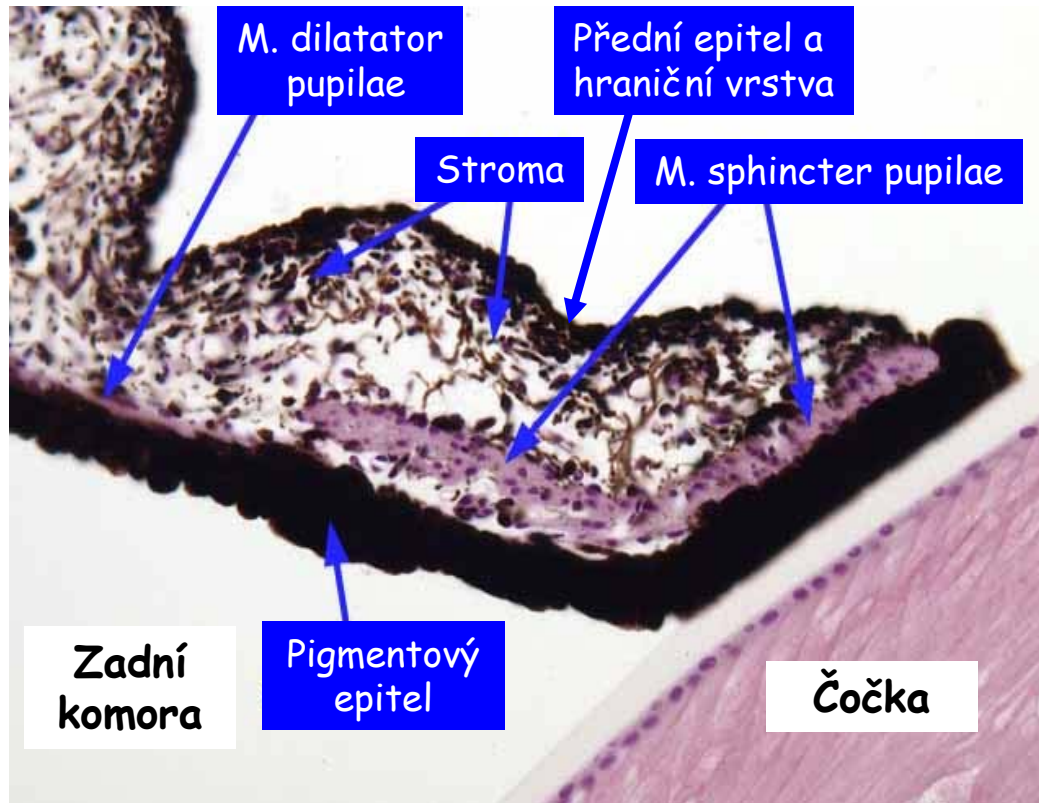
- sval relaxován
- zonulae napnuty

Duhovka (Iris) - 1

Přední pokračování cévnatky.
Částečně kryje čočku.



Duhovka (Iris) - 2

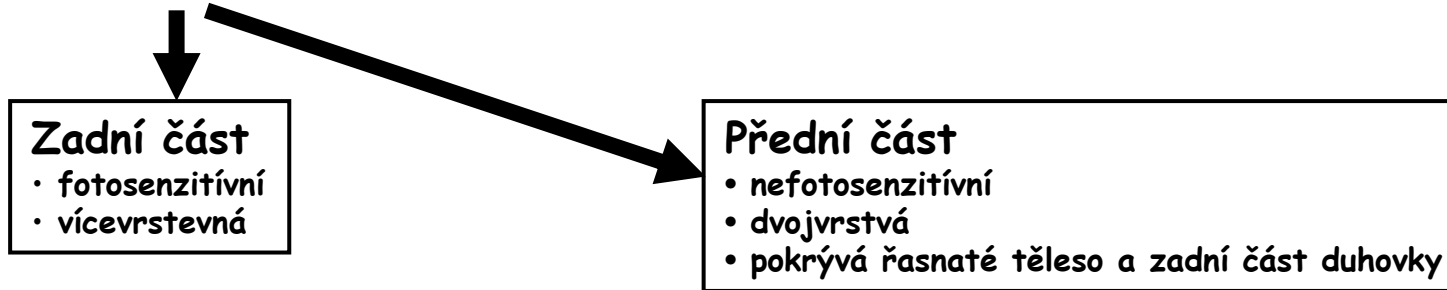


Duhovka = 4-vrstvá struktra
Vrstvy směrem z vnějšku:

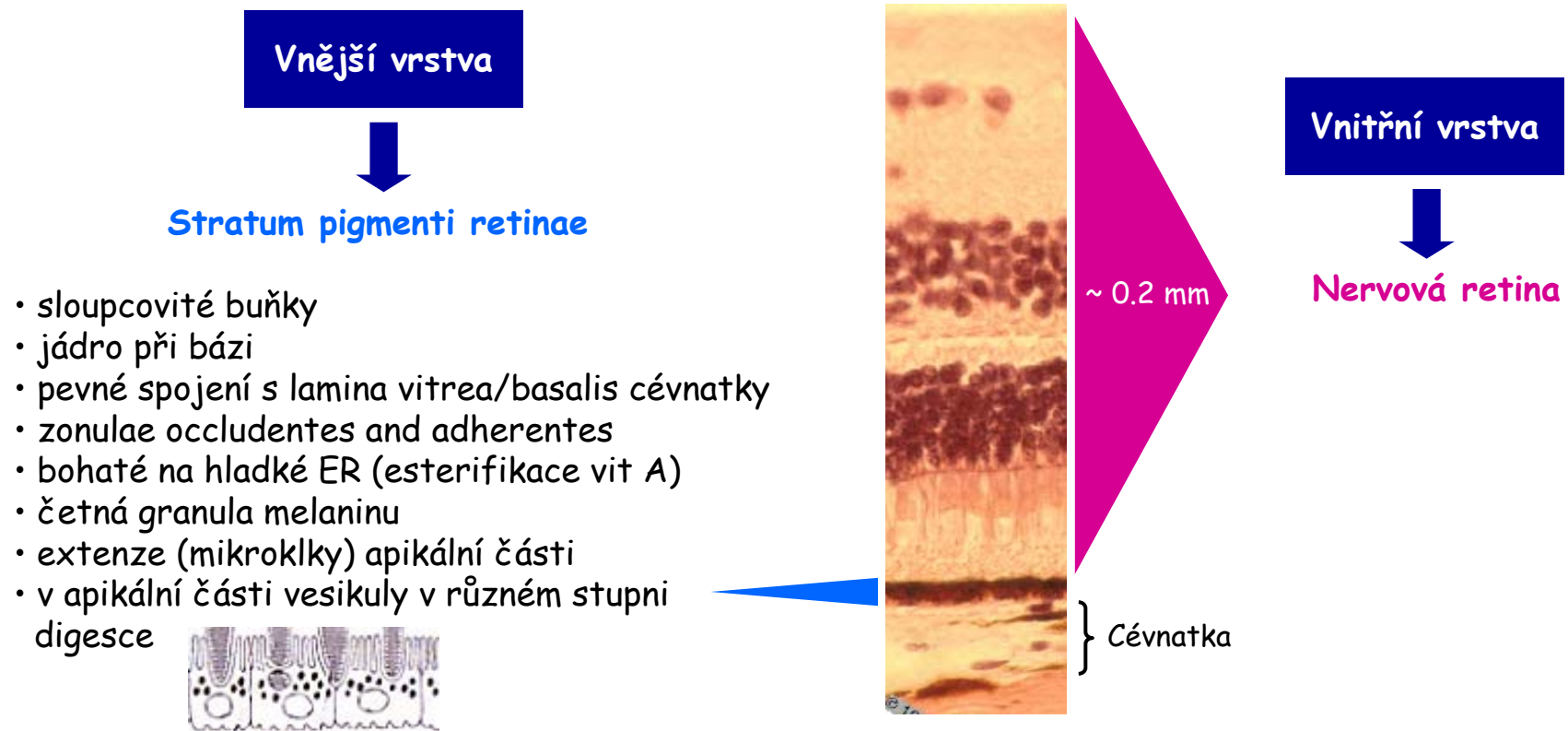
- 1. Přední epitel duhovky**
 - je pokračováním zadního epitelu rohovky
 - nesouvislá vrstva velmi plochých epitelialních buněk, fibroblastů a melanocytů
- 2. Přední hraniční vrstva**
 - tenká vrstva pojivové tkáně
 - bohatá na pigmentové buňky - melanocyty
 - **rozhoduje o barvě oka**
- 3. Stroma duhovky**
 - 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)

Schopnost přijímat signály a přenášet je do CNS ke zpracování

Sítnice = Retina = Tunica aculi interna - Tunica nervosa



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



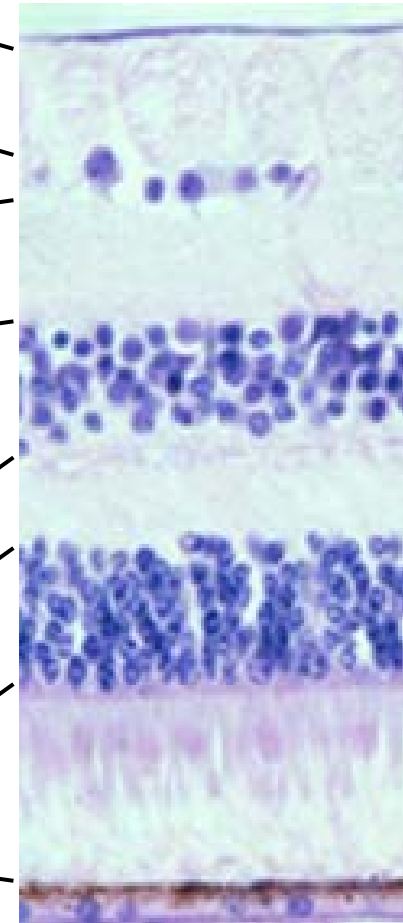
Nervová (optická) retina

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

10 rozlišitelných vrstev

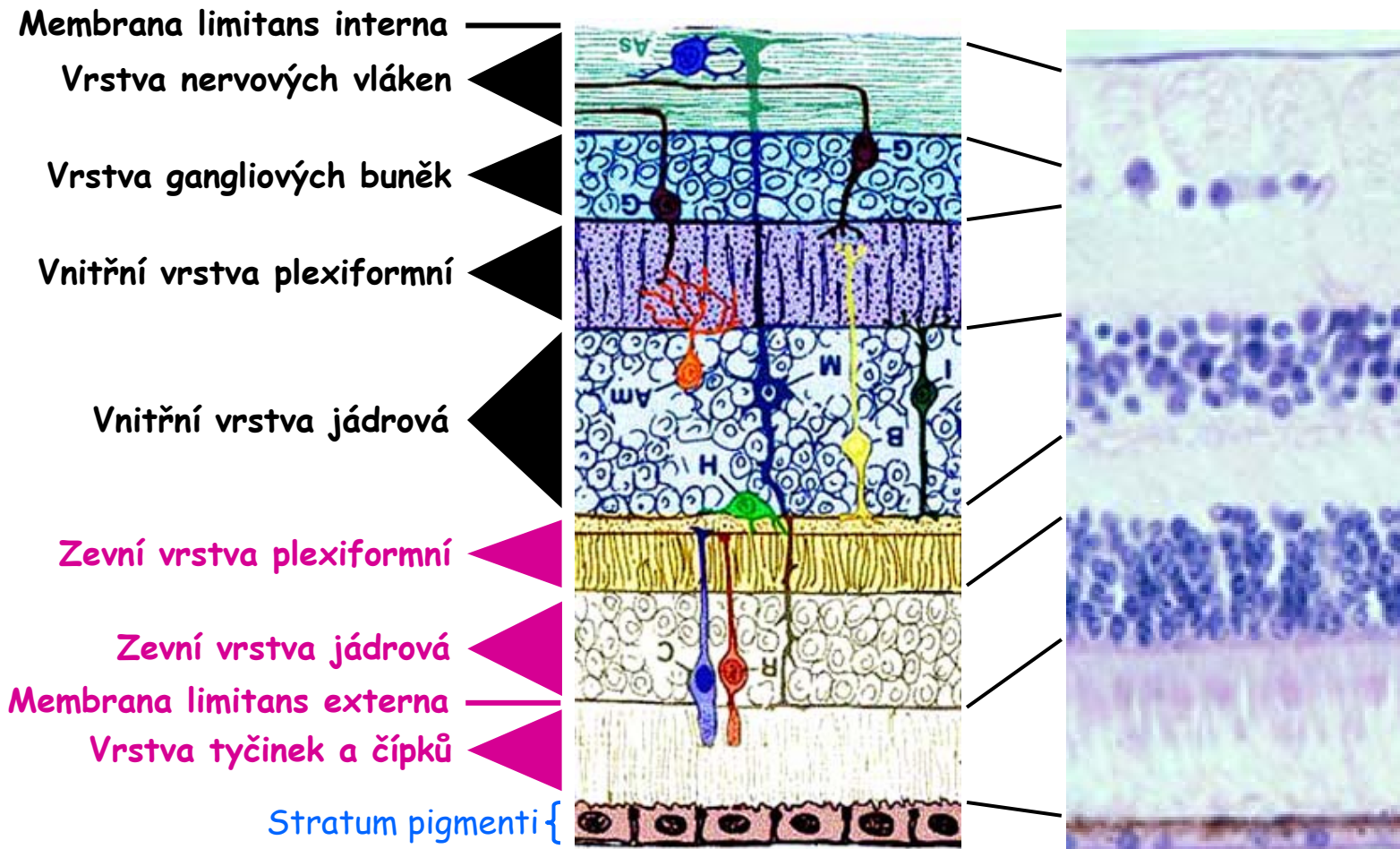
- Membrana limitans interna
- Vrstva nervových vláken
- Vrstva gangliových buněk
- Vnitřní vrstva plexiformní
- Vnitřní vrstva jádrová
- Zevní vrstva plexiformní
- Zevní vrstva jádrová
- Membrana limitans externa
- Vrstva tyčinek a čípků

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

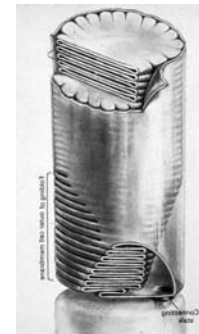
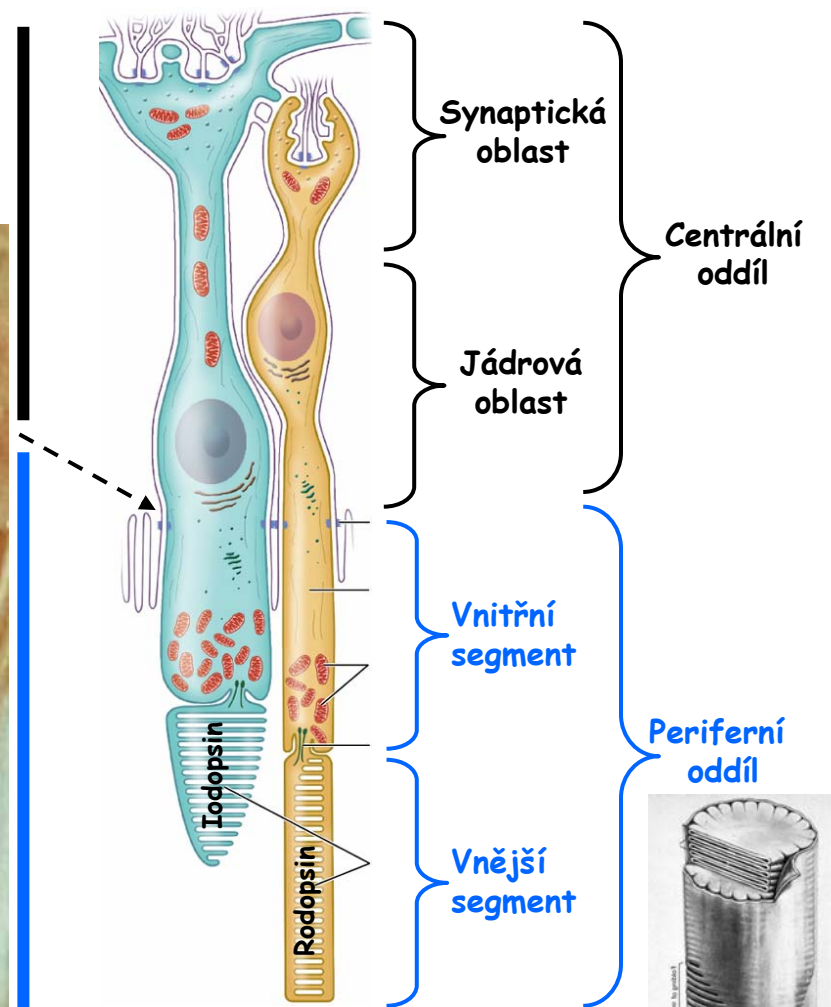
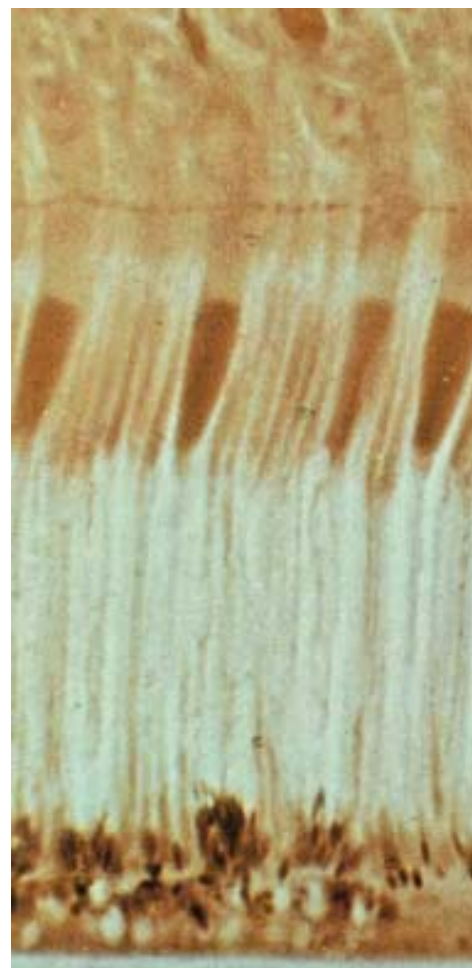
Zevní vrstva jádrová

Membrana limitans externa
(série spojovacích komplexů mezi fotoreceptory a gliovými buňkami Mullerovými)

Vrstva tyčinek a čípků

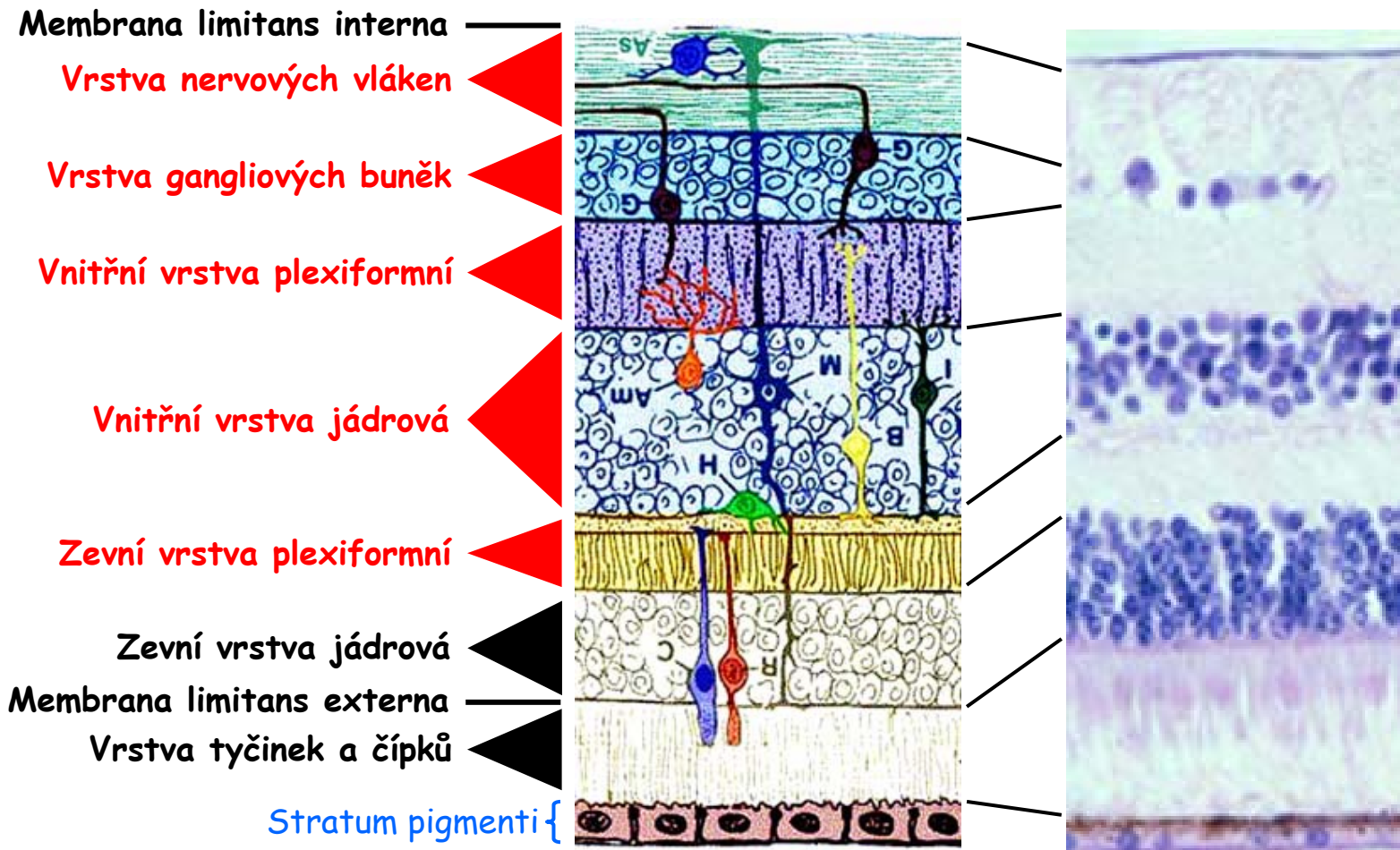


SEM



Tyčinkové buňky: 100-150 μm .
 Čípkové buňky: 7 μm . (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

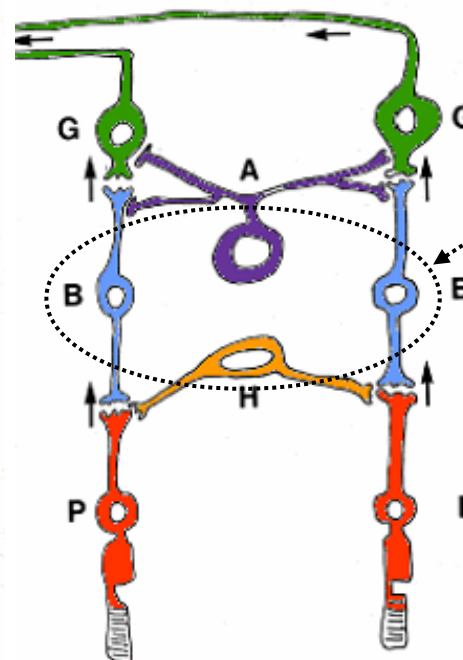
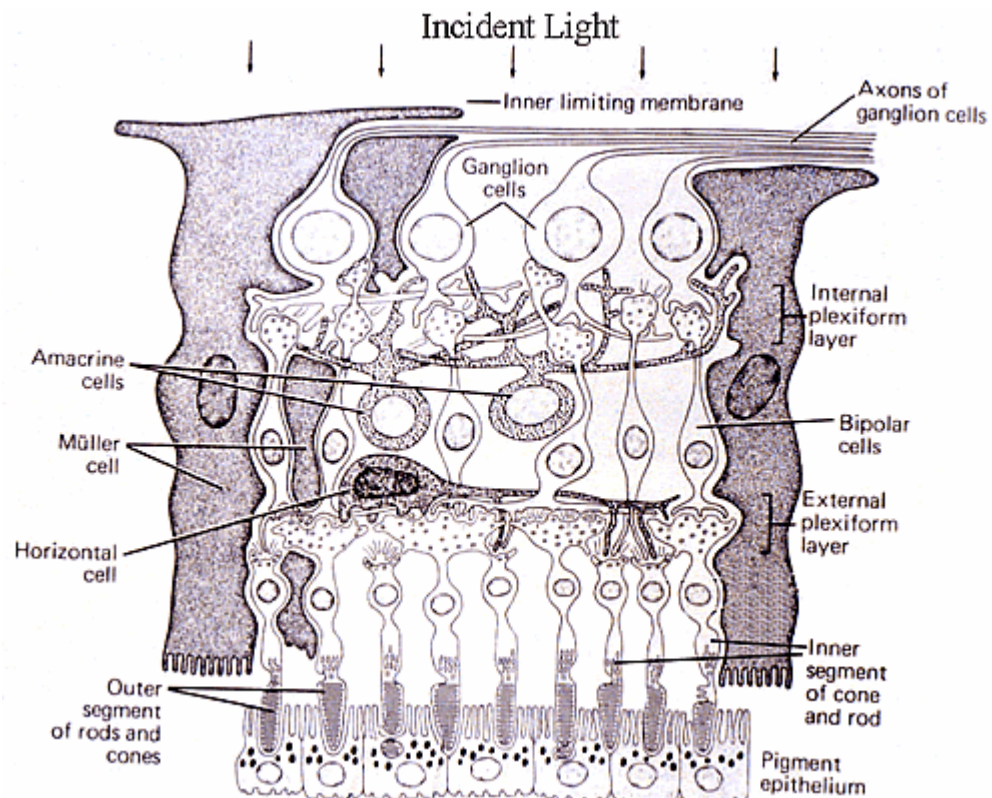
Asociační + integrační neurony

Horizontální Buňky

- Malé
- Multipolární

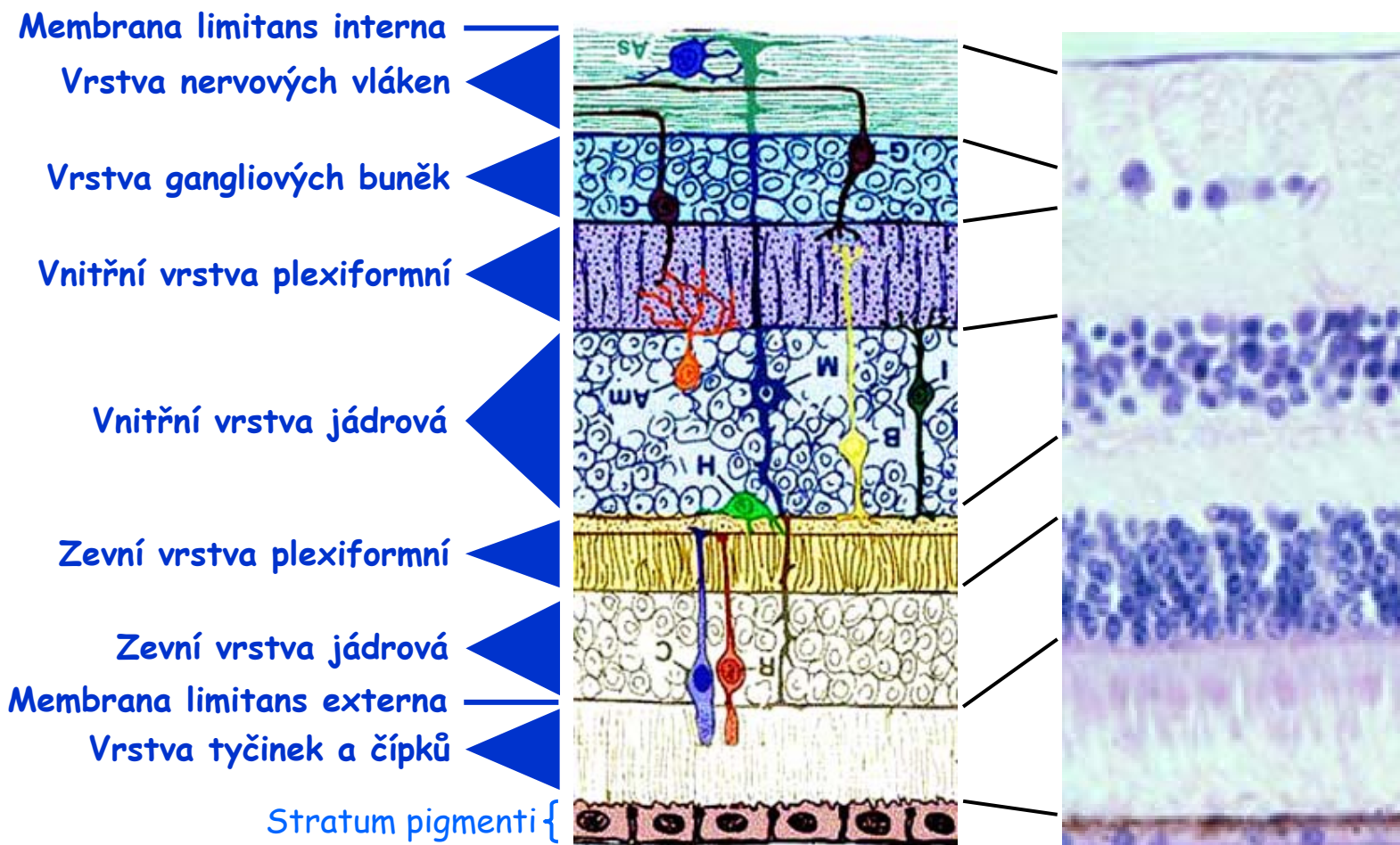
Amakrinní Buňky

- Nemají patrný neurit



Buňky s jádry
ve vnitřní vrstvě
jádrové

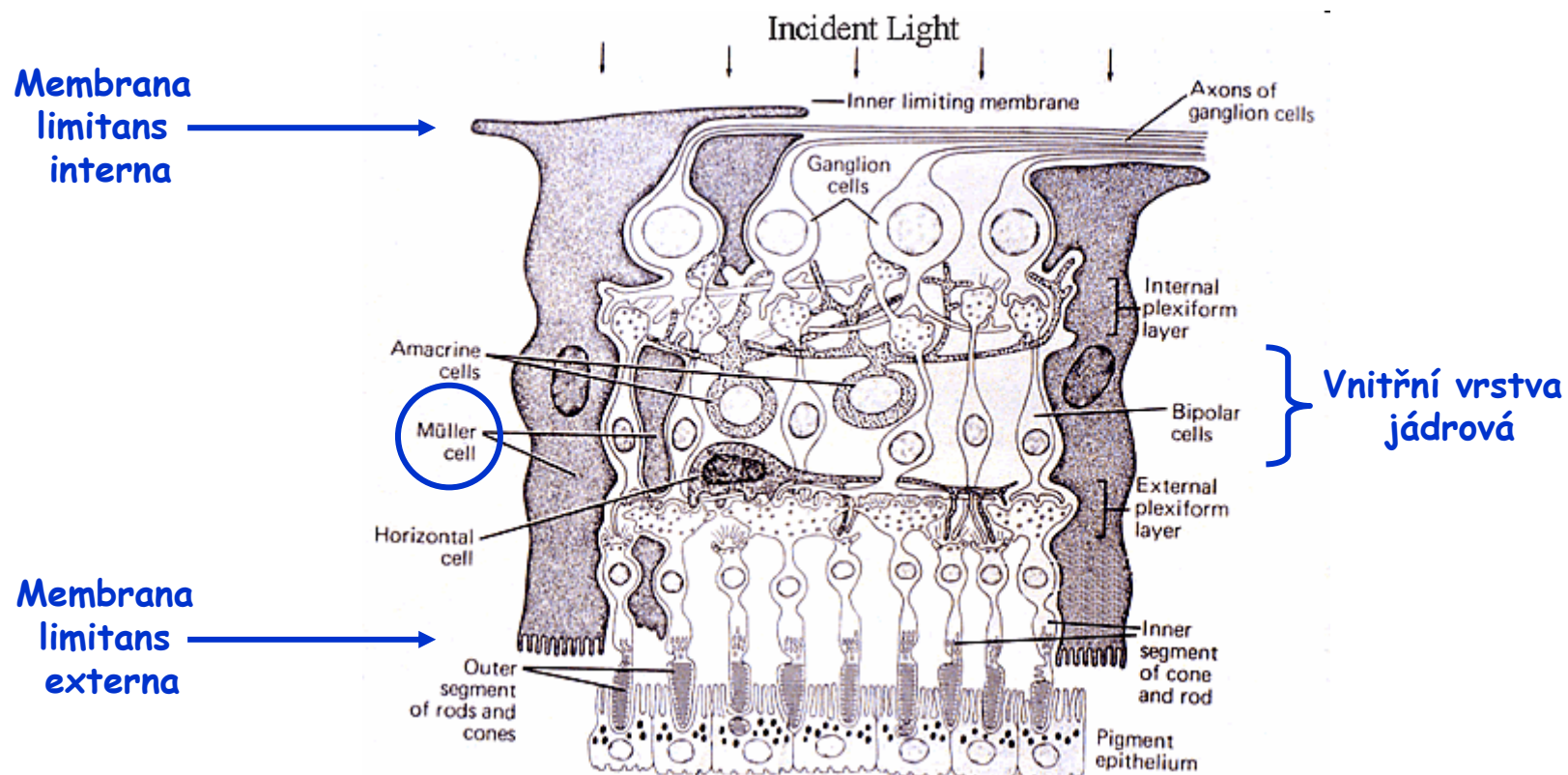
Podpůrné buňky sítnice 1



Podpůrné buňky sítnice 2

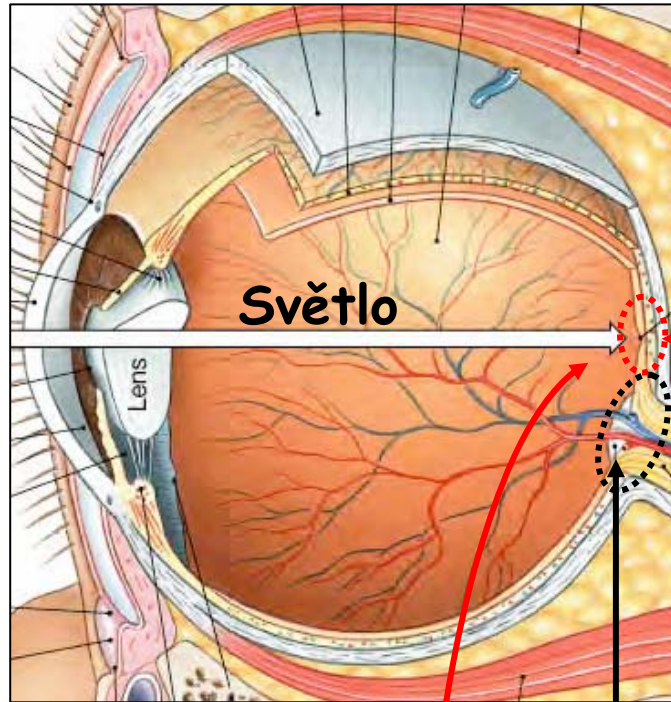
Mullerovy buňky

= modifikované glie CNS

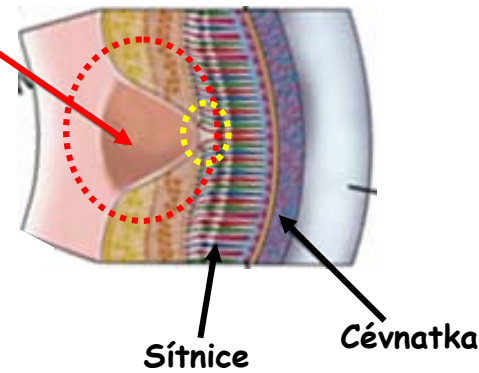


„Vidí sítnice všude stejně“

Centrální x Periferní vidění

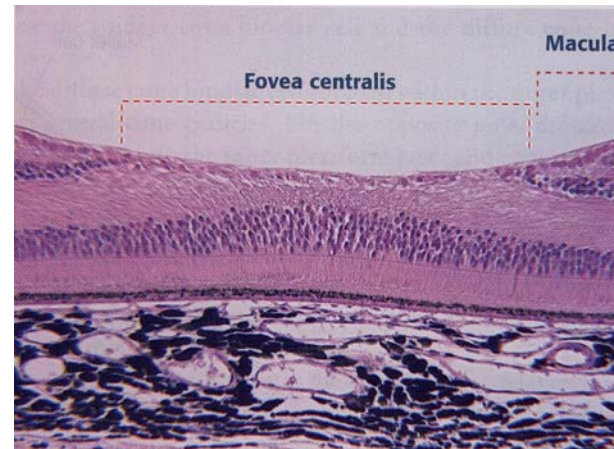
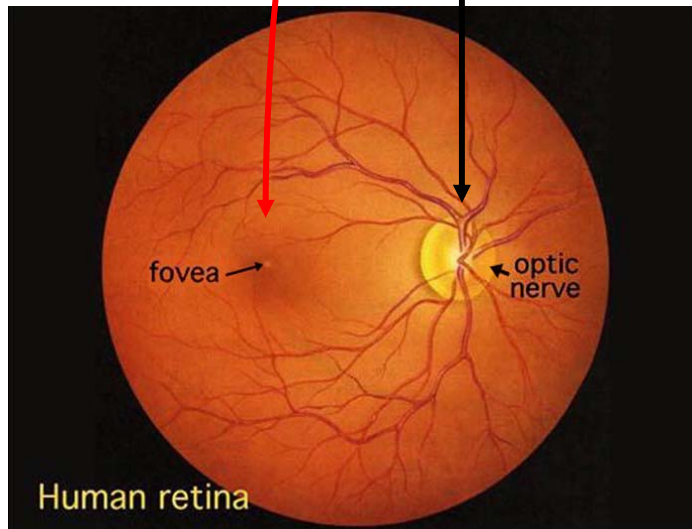


Žlutá skvrna (macula lutea)

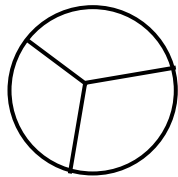
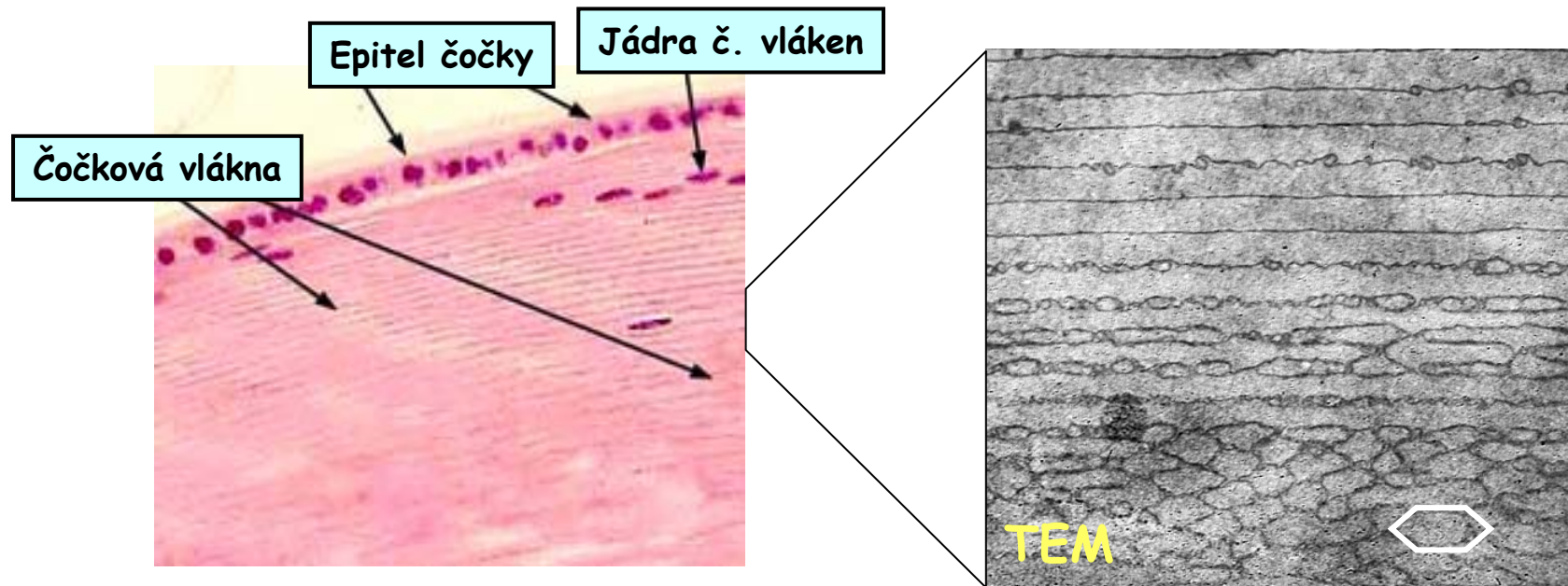


Fovea centralis žluté skvrny = nejostřejší vidění

Disk zrakového nervu



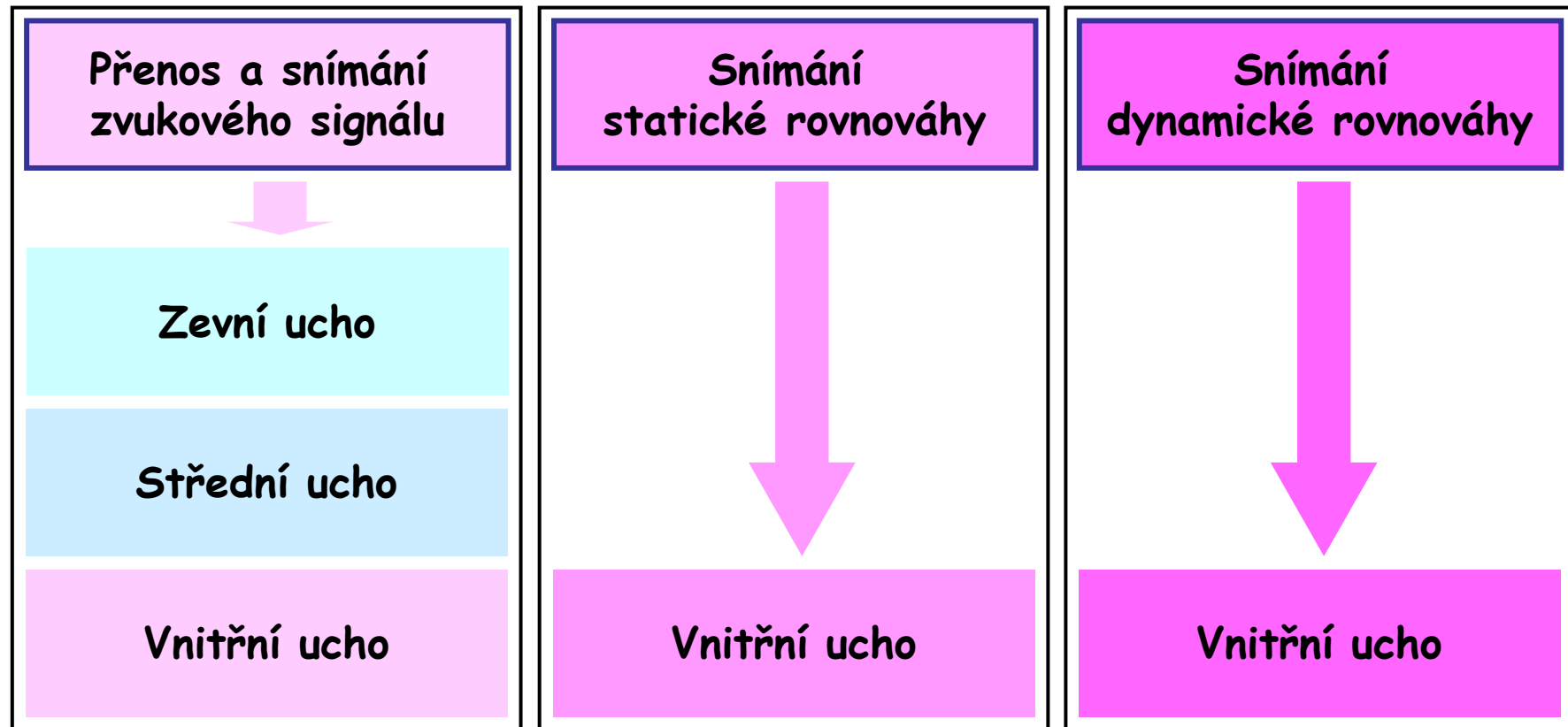
Čočka



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

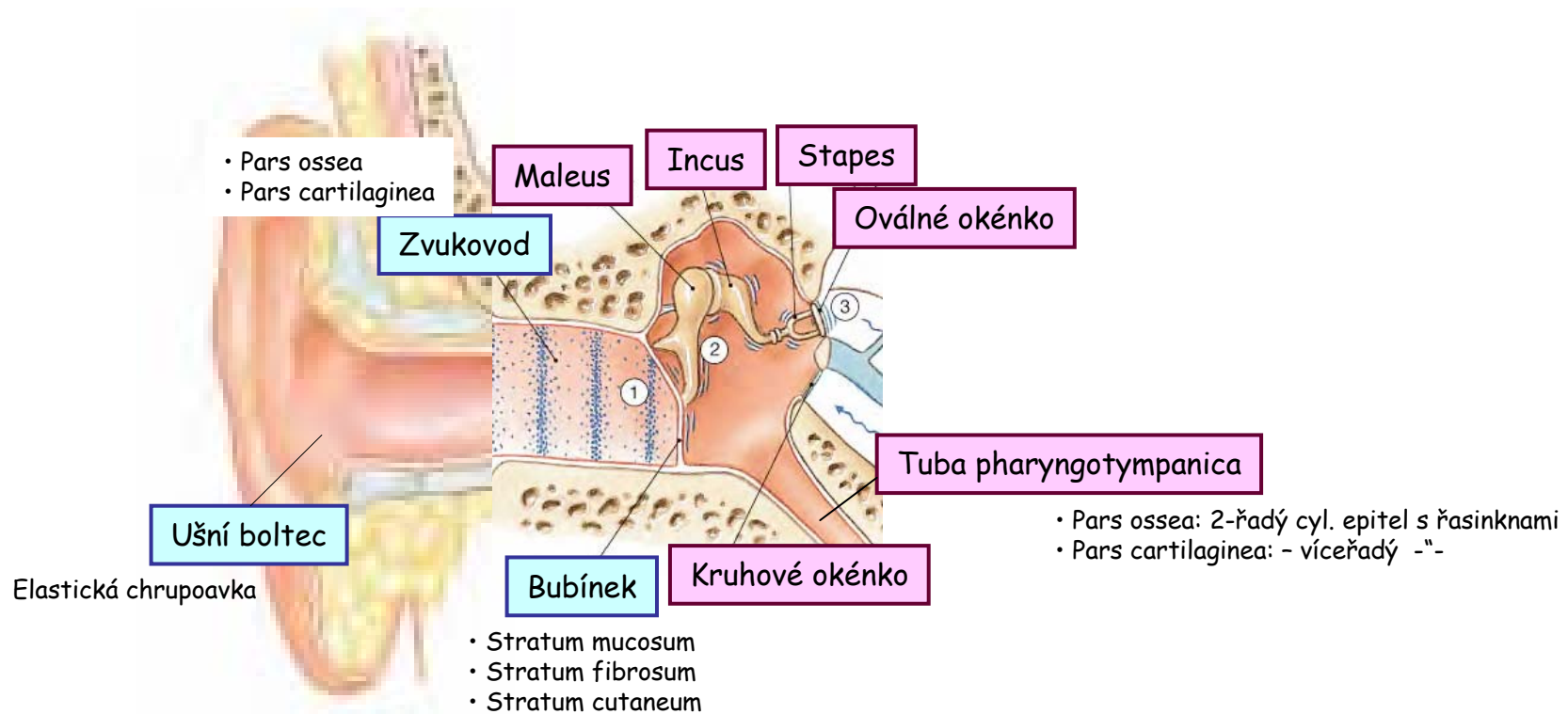
Na rovníku čočky jsou úpony fibrae suspensorie lentis.

Orgán sluchu a rovnováhy = Vestibulokochleární aparát



Zevní + střední ucho - Orgán sluchu

Střední ucho - spolu s vnitřním uchem uloženo v dutinách pyramidy kosti skalní - kostěný labyrint.



Vnitřní ucho

Kostěný labyrint

- série prostor
- uvnitř pyramidy skalní kosti

Vestibulum

Hlemýžď
(cochlea)

Polokruhové
kanálky



Blanitý labyrint

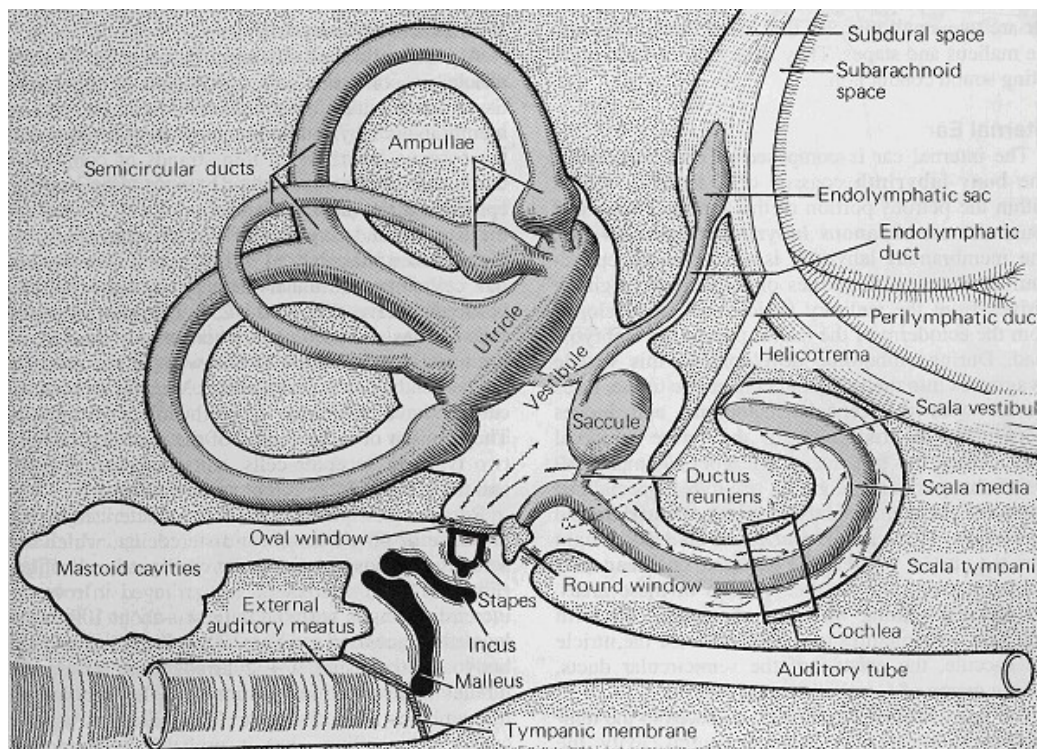
- série vzájemně spojených váčků a trubiček
- vystlán epitelem
- umístěn v kostěném labyrintu

Utricullus

Sacullus

Polokruhové
blanitě kanálky

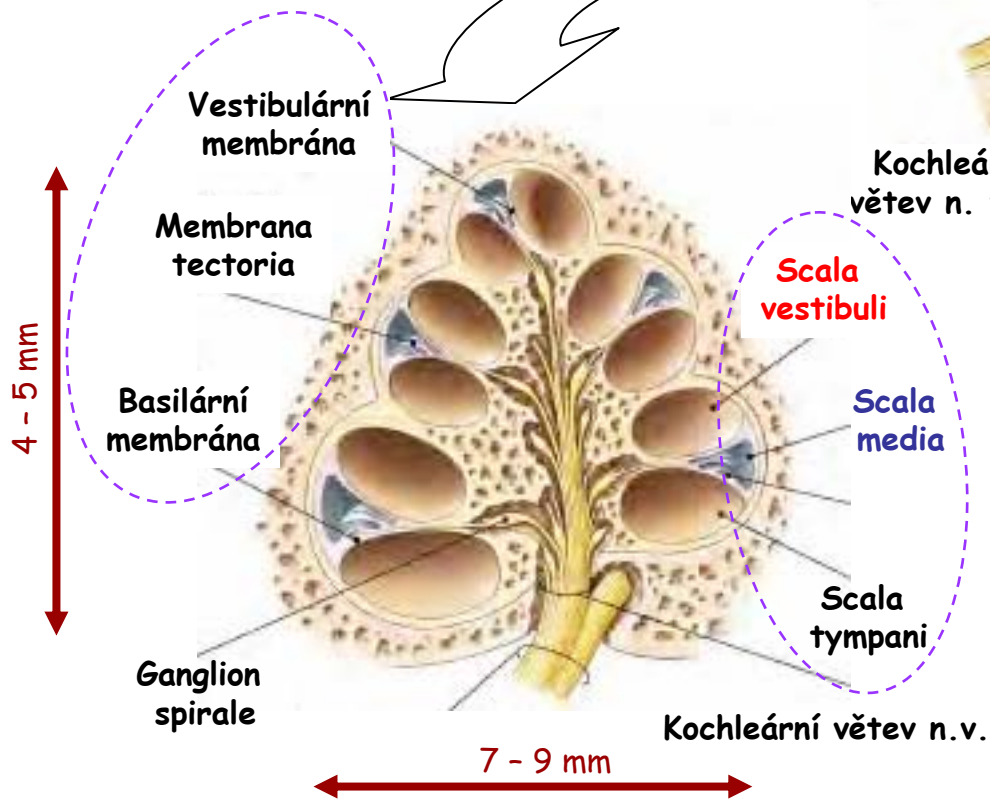
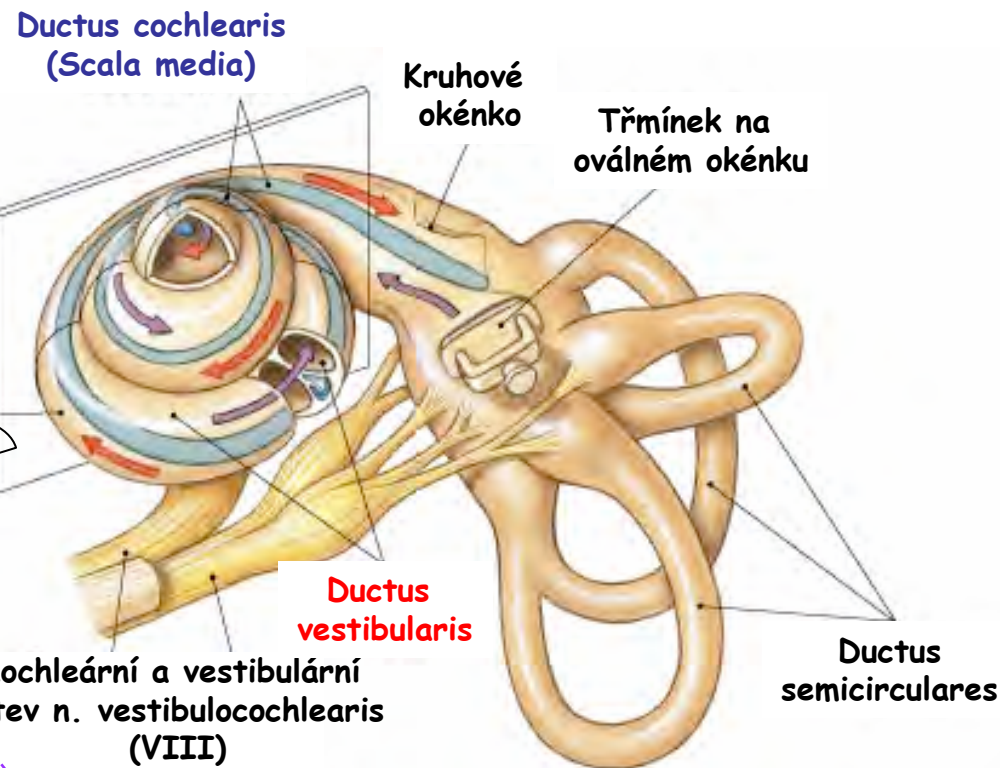
Ductus
cochlearis



Vnitřní ucho - Orgán sluchu

Hlemýžď

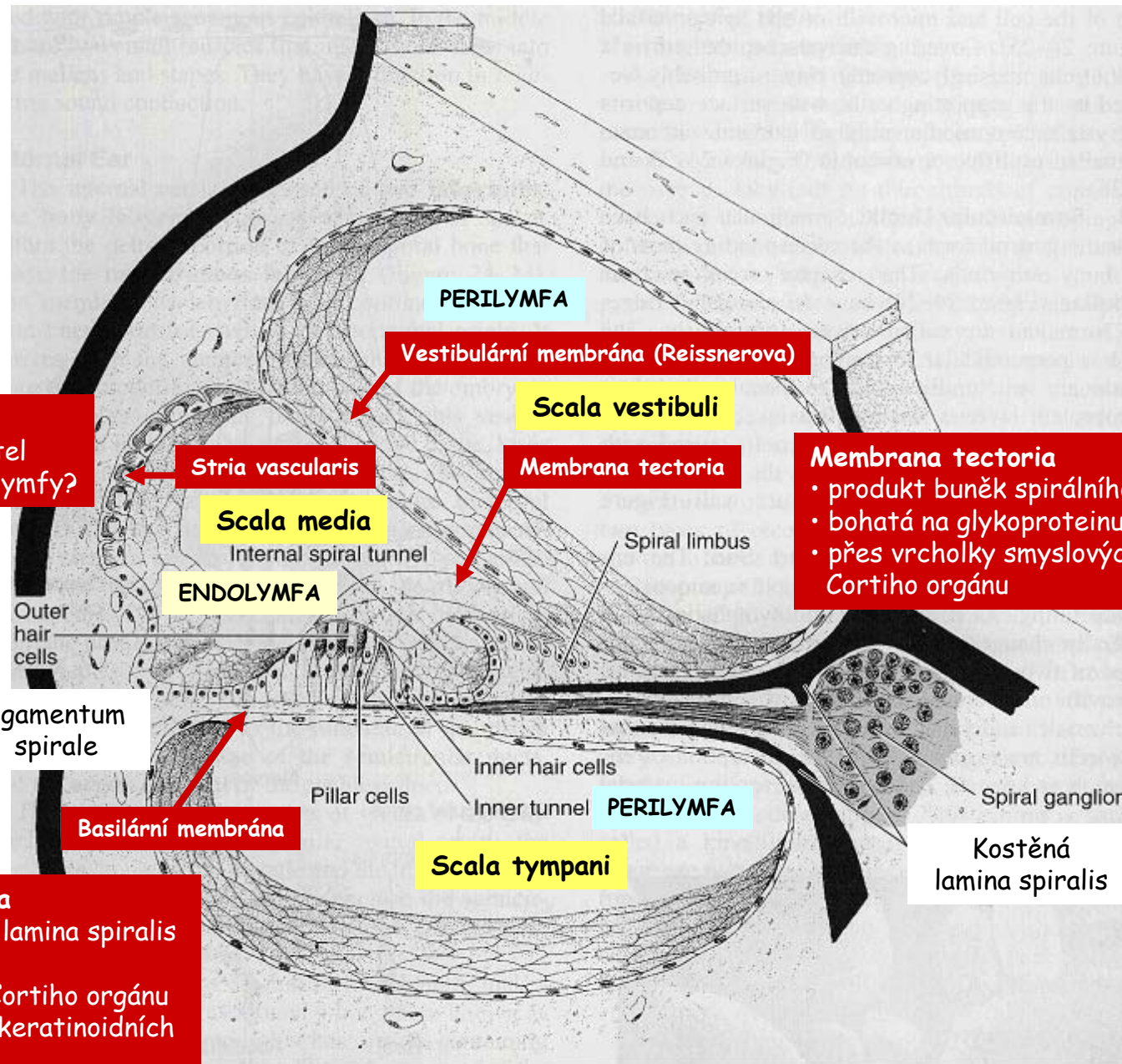
- 2,5 závitů okolo modiolu
- celkem 35 mm délky



Modiolus (vřeténko)

- centrální osa ductus cochlearis
- obsahuje ganglion spirale cocleae, nervus coclearis a cévy

Vnitřní ucho - Detail ductus cochlearis



Stria vascularis
• vaskularizovaný epitel
• řízení skladby endolymfy?

Stria vascularis

Scala vestibuli

Membrana tectoria

Membrana tectoria
• produkt buněk spirálního limbu
• bohatá na glykoproteinu
• přes vrcholky smyslových buněk Cortiho orgánu

Scala media

ENDOLYMFA

Ligamentum spirale

Basilární membrána

Basilární membrána
• mezi lig. spirale a lamina spiralis ossea
• opora pro buňky Cortiho orgánu
• tvořena fibrilami keratinoidních proteinů

Scala tympani

PERILYMFA

Kostěná lamina spiralis

Spiral ganglion

Spiral limbus

Internal spiral tunnel

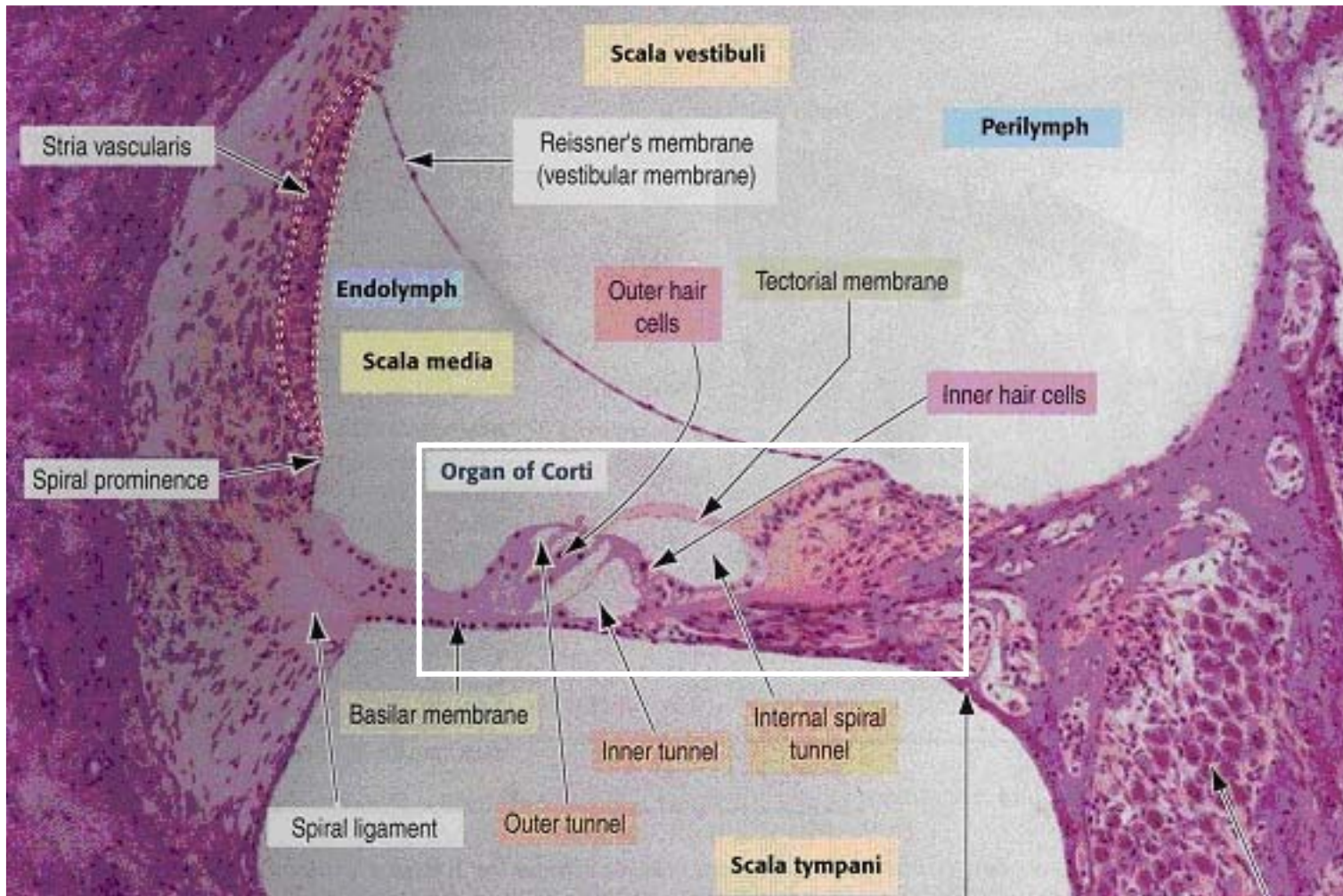
Inner hair cells

Pillar cells

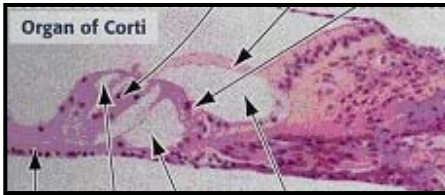
Inner tunnel

Outer hair cells

Vnitřní ucho - Cortiho orgán - 1



Vnitřní ucho - Cortiho orgán - 2



Sekundární smyslové buňky

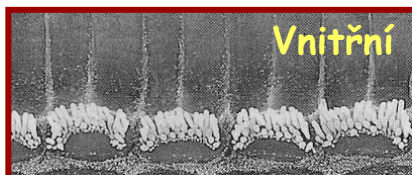
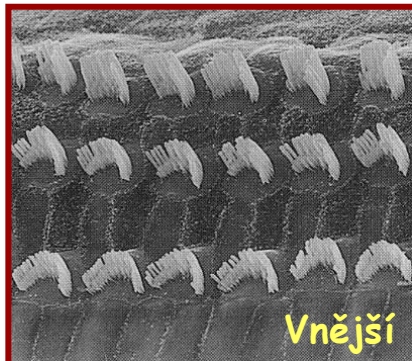
- sluchové vlásky - stereocilie
- kontakt s membrana tectoria
- baze opředeny dendrity bipolárních buněk ganglion spirale

Vnější vláskové buňky

- 3-5 řad, ~12 000, bez axonomy

Vnitřní vláskové buňky

- 1 řada, ~3 500, bez axon.



Podpůrné buňky

Hensenovy buňky

Zevní falangové buňky

- opora vláskových buněk, které
- prostupují prostory mezi falangami

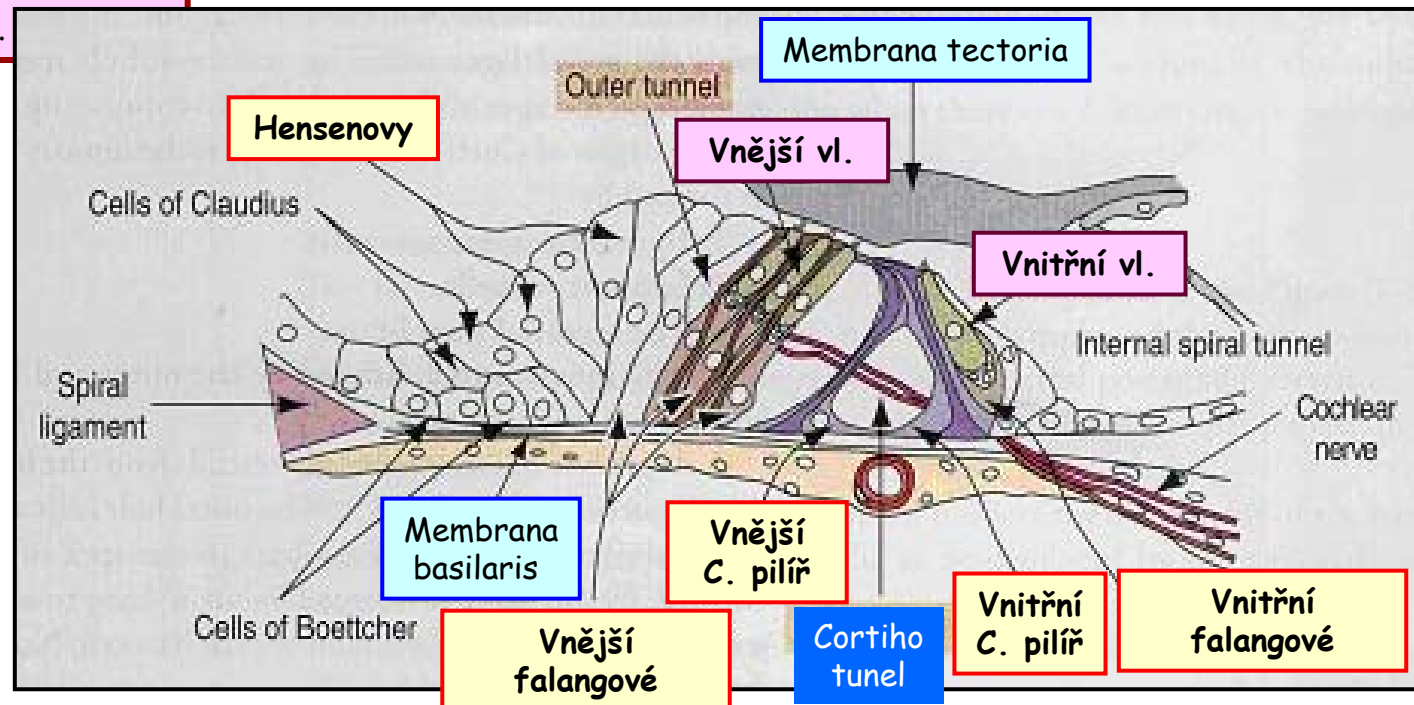
Zevní Cortiho pilíř

Vnitřní Cortiho pilíř

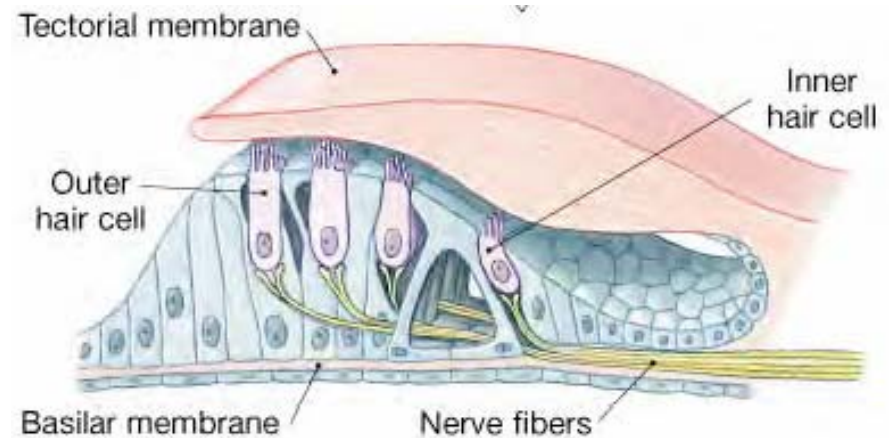
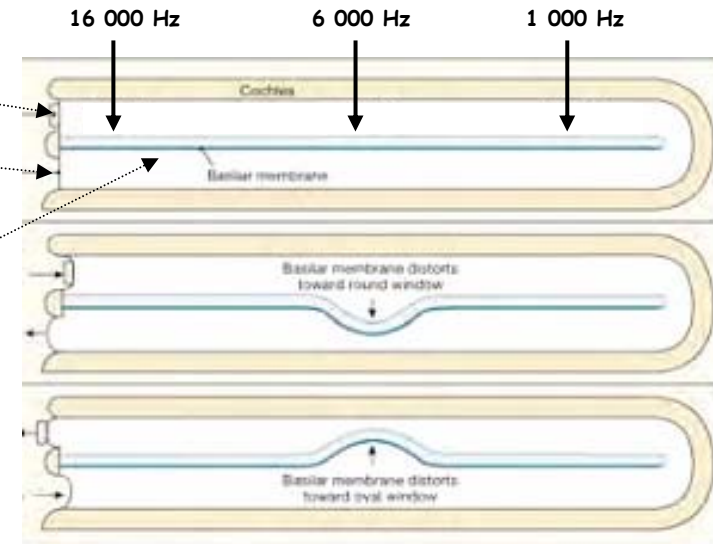
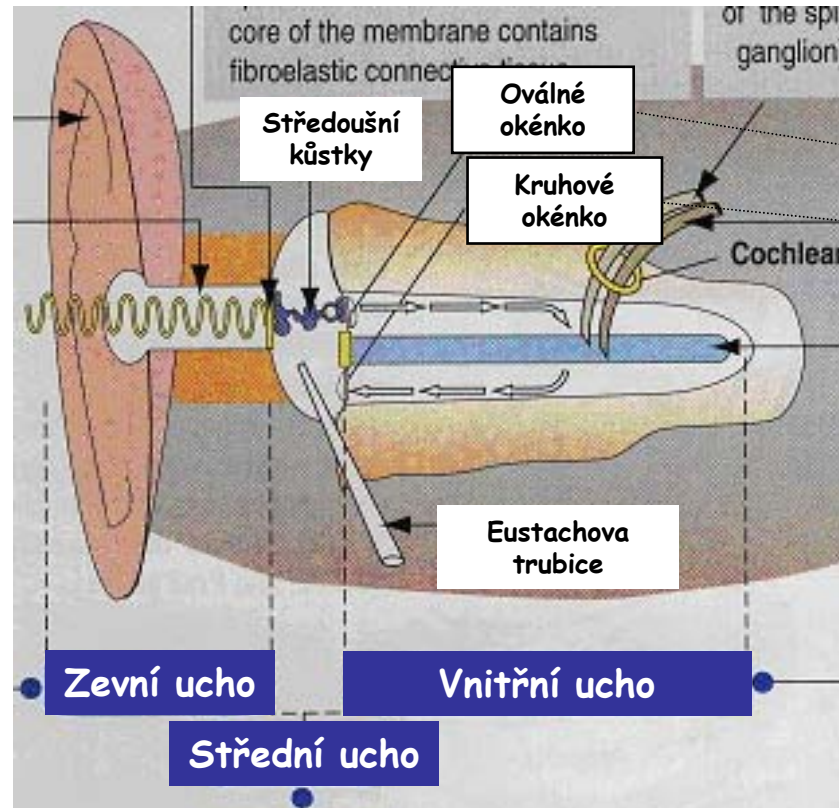
Vnitřní falangové buňky

- stejně jako zevní FB

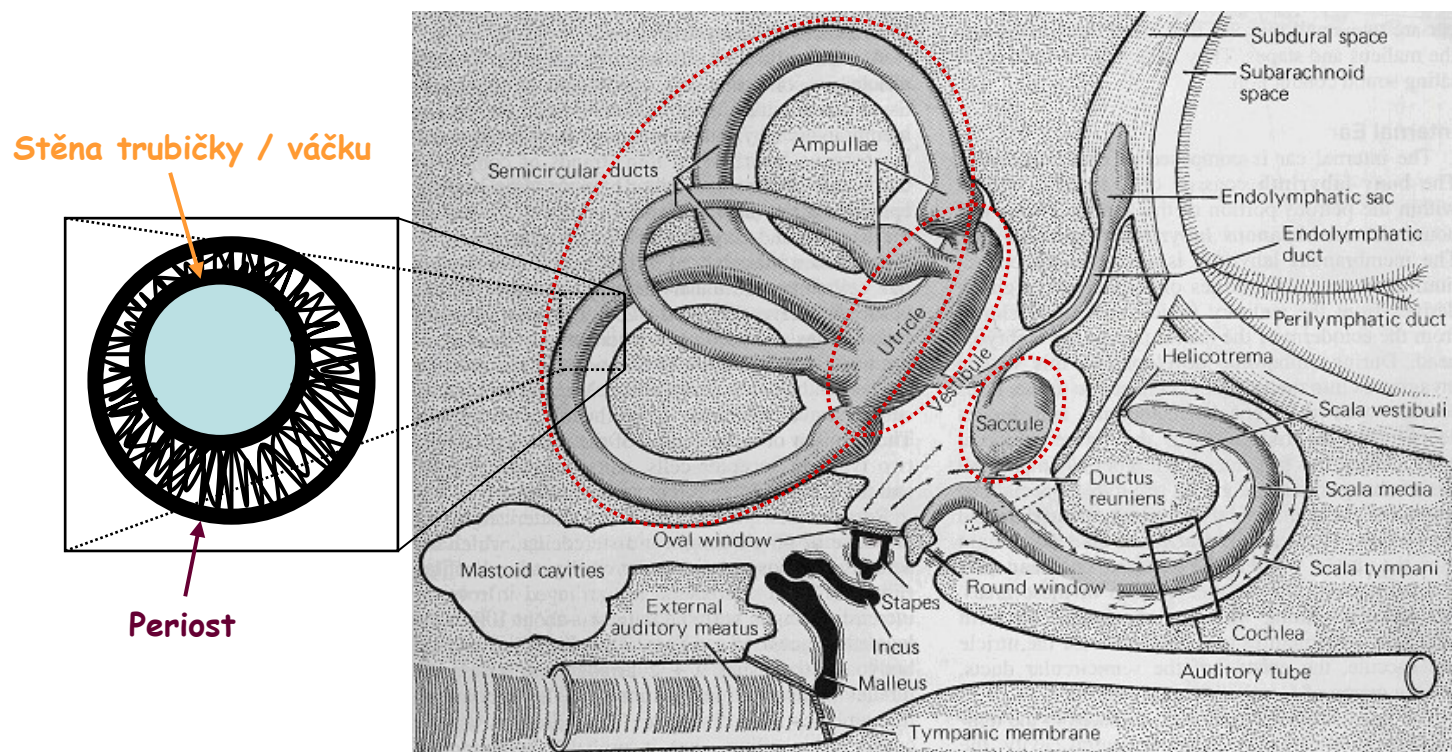
Hraniční buňky



Orgán sluchu - Princip slyšení



Vnitřní ucho - Statokinetický / Vestibulární orgán - 1



Jednotná stavba stěny (vāčky i trubičky)
Tenká vrstva vaziva + jednovrstvý plochý/kubický epitel.

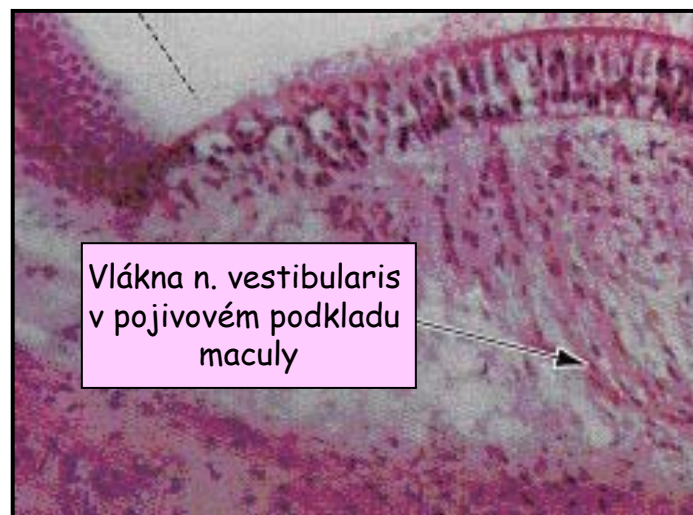
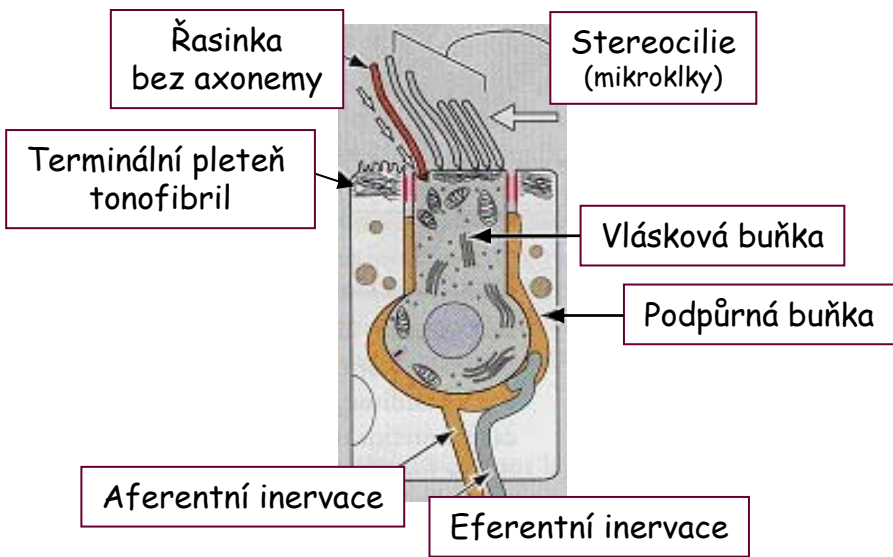
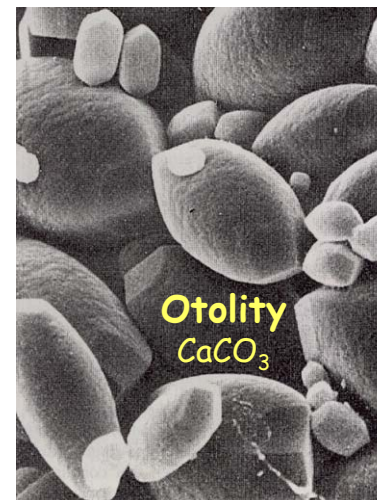
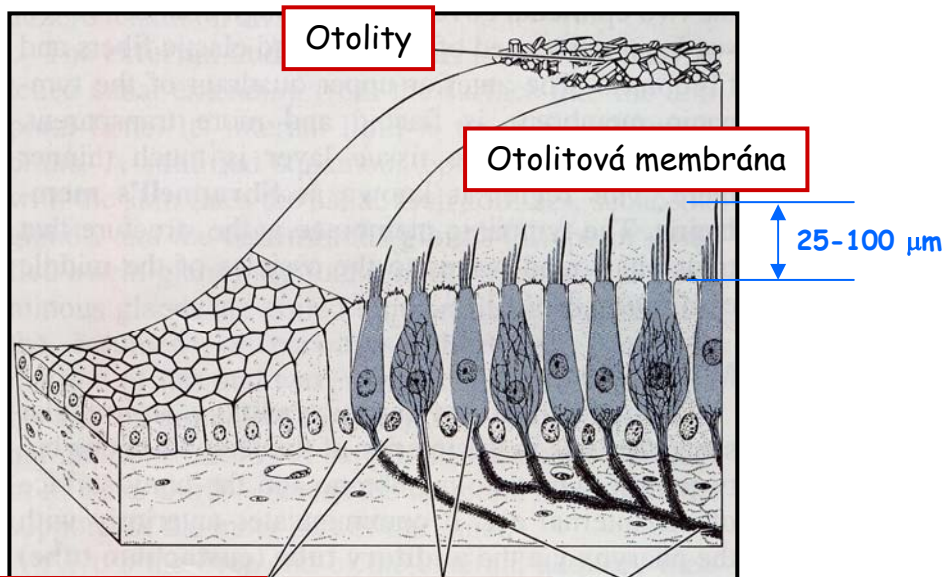
Jednotná koncepce stavby smyslových prvků
(vāčky - maculae; trubičky - criastae ampullares)
Zesílení stěny s neuroepitelovými buňkami inervovanými větvemi n. vestibularis.

Vnitřní ucho - Statokinetický / Vestibulární orgán - 2

Snímání statické rovnováhy (maculae = statické skvrny)

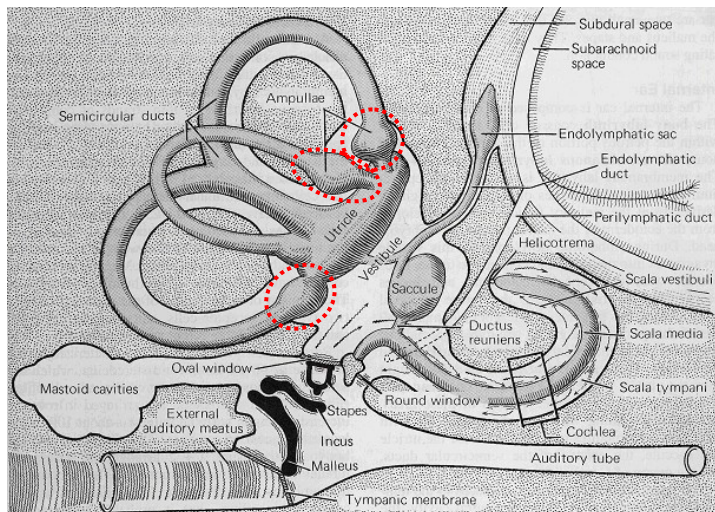
Odklon od směru zemské gravitace (gravitační síla otolitů) max. tlak - max. tah

Umístění makul
Sacculus dno
Utriculus laterální stěna

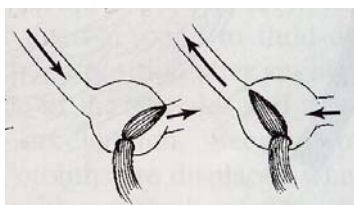


Vnitřní ucho - Statokinetický / Vestibulární orgán - 3

Snímání dynamické rovnováhy (cristae ampulares)

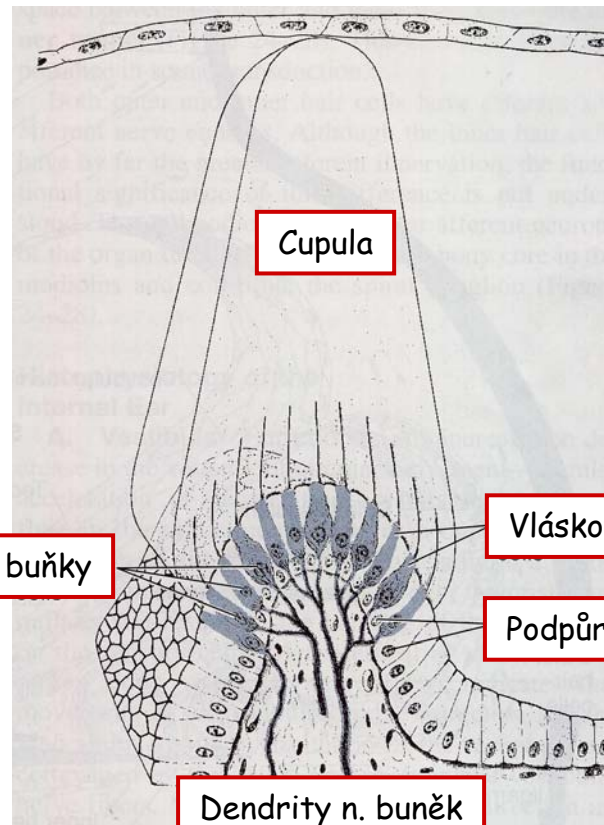


Reakce na setrvačné zrychlení
(pohyb endolymfy)



Umístění CA

- v „ampulách“ ductus semicirculares
- hřebeny CA kolmo na osu DS

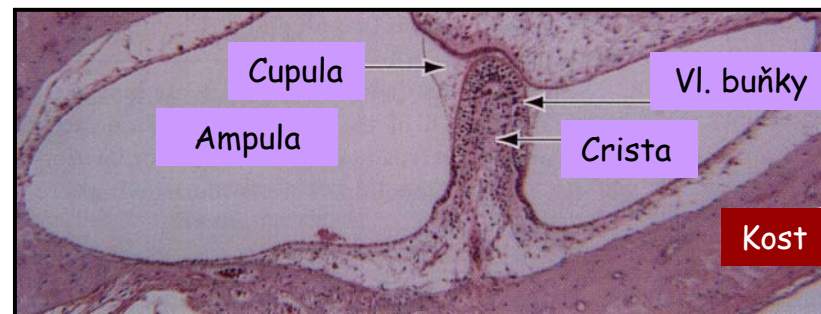


Vlásokové buňky

Vlásokové buňky

Podpůrné buňky

Dendrity n. buněk
gangl. n. vestibuli



Cupula

VI. buňky

Ampula

Crista

Kost

Děkuji za pozornost !