

UNIVERSITAS CAROLINA PRAGENSIS

Univerzita Karlova v Praze – 1. lékařská fakulta



Zrakové ústrojí. Zraková dráha. Zornicový a rohovkový reflex.

Anatomický ústav

Autor: Petr Valášek pvala@lf1.cuni.cz

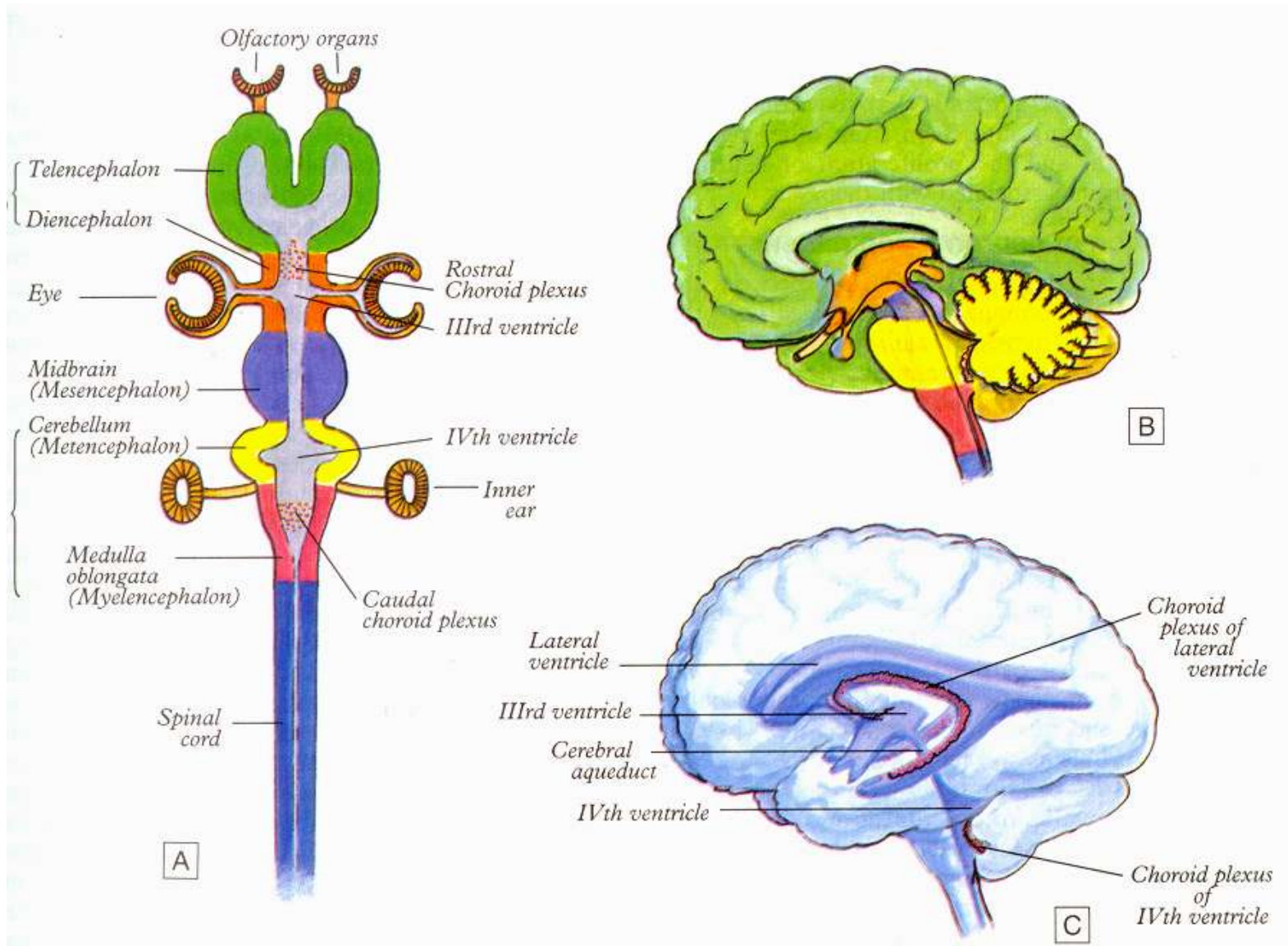
Obor: Všeobecné lékařství a Zubní lékařství – Anatomie 2

Květen 2012

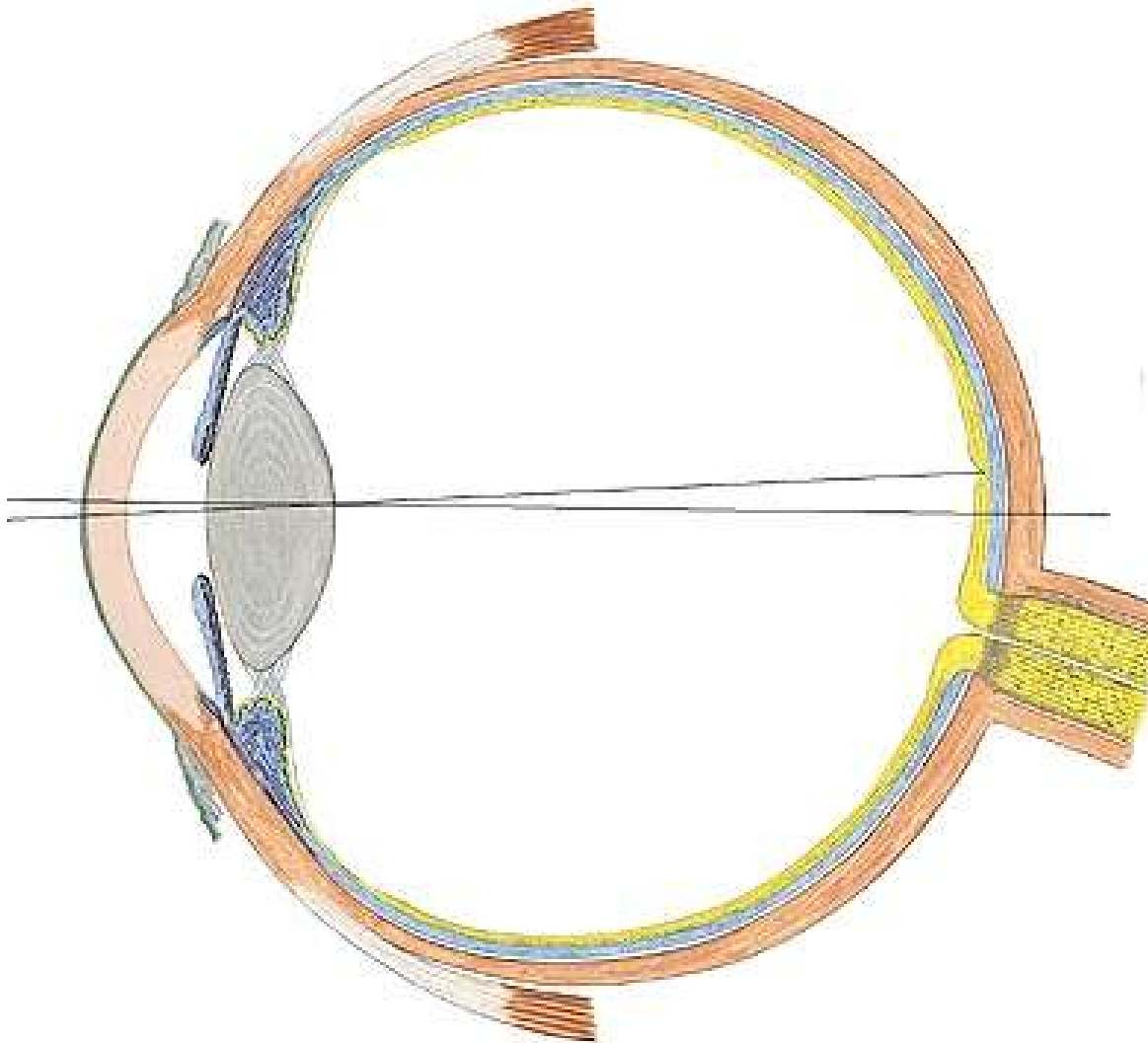
OKO a vidění

- 70% všech senzorních receptorů je v očích
- 40% mozkové kůry zpracovává informace z oka

Struktura CNS



BULBUS OCULI



1. **Tunica fibrosa**
sclera; cornea

2. **Tunica vasculosa**
choroidea; corpus
ciliare; iris

3. **Tunica interna**
pars optica retinae
pars ciliaris et iridica
retinae

Sklivec, čočka, komory,
okohybné svaly, víčka,
slzný aparát

1. Tunica fibrosa

1a. sclera (bělima)

1b. cornea (rohovka)

1a. SCLERA, BĚLIMA

Pevné vazivo - úpon svalů

Na povrchu řídké vazivo, ve kterém bulbus klouže
– *episklerální vazivo* (prostor)

Otvůrky pro prostup cév a nervů

Nemá vlastní cévy !! Výživa difusí

Vpředu, v místě kontaktu s rohovkou je kanálek –
sinus venosus sclerae, napojen na systém
iridokorneálního úhlu

1b. CORNEA, ROHOVKA

Stavba:

1 epitel

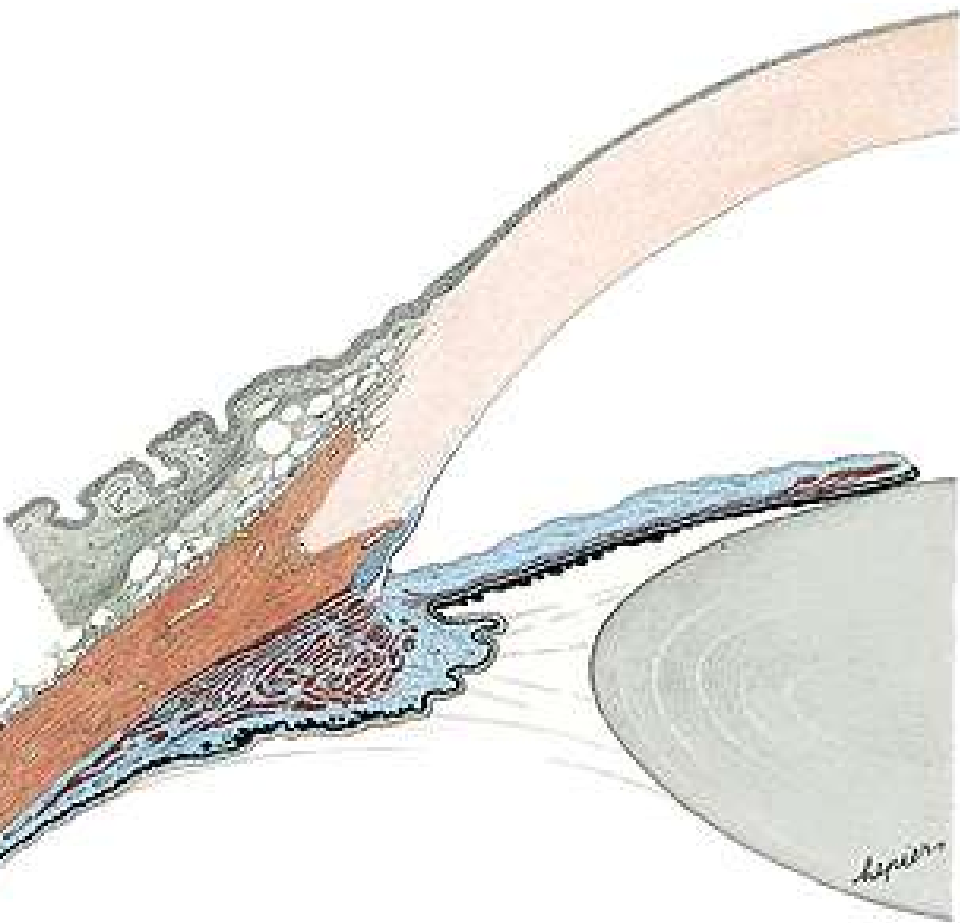
2 lamina limitans anterior (Bowmani)

3 substantia propria

4 lamina limitans posterior (Descemeti)

5 endotel

- Limbus – spojení sclery a rohovky (**kmenové buňky**)
- Sinus venosus sclerae – (**glaukom**)

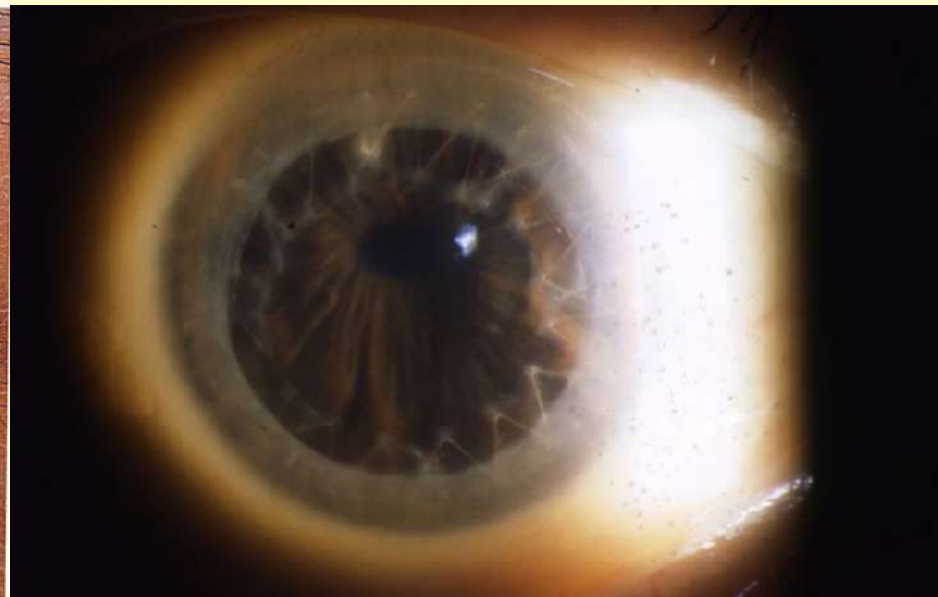
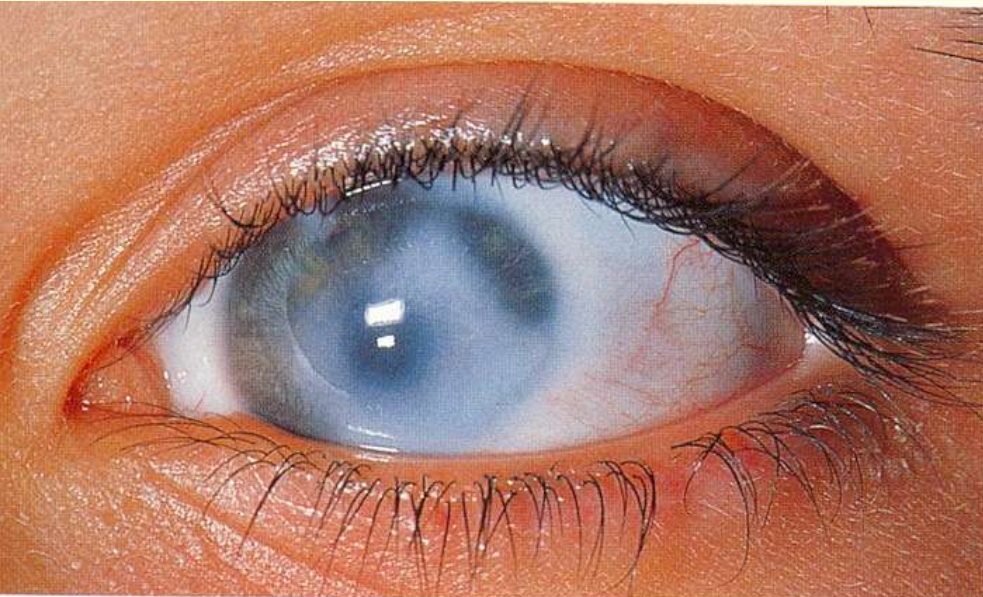


Rohovka – vlastnosti (chrání, láme paprsky, filtruje UV paprsky)

Bezcévná! Průhledná!

1. **epit.ant.** – regeneruje, ochrana, výživa, senzitivní inervace – rohovkový reflex !!
2. **Bowman. membrána** – hojí se jizvou
3. **stroma** – pevnost, tvar (fyziologický astigmatismus) **LASER**
4. **Descemetská membrána** – regeneruje
5. **endothel** – brání edému rohovky

Zkalení rohovky, ztráta průhlednosti



Transplantace rohovky

Příčiny : poranění, poleptání, zánět (vrůstání cév), glaukom, zvýš. obsah vody (protržení Descemetové nebo endotelu) a další

2. Tunica vasculosa

2a. choroidea, cévnatka

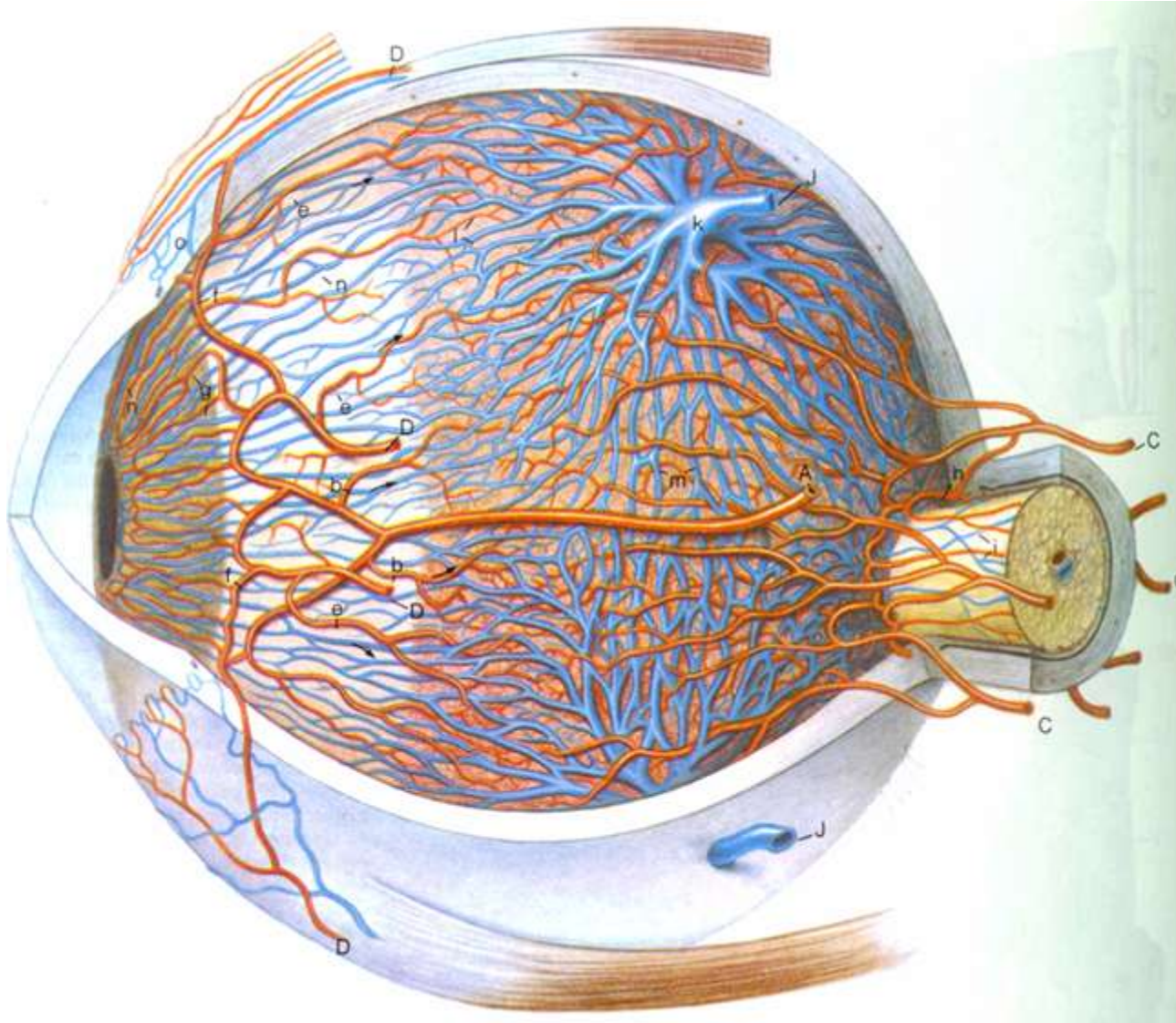
2b. corpus ciliare, řasnaté těleso

2c. iris, duhovka

2a. CHOROIDEA, CÉVNATKA

- na zevním povrchu cévnatky – spatium perichoroidale (aa. ciliares post. longae, nn. ciliares longi, vv. vorticosae)
- vazivové stroma s cévními kličkami (aa. ciliares posteriores breves; lam. vasculosa), pigmentové buňky („tmavá komora“, napětí čočky)
- lamina choriocapillaris – živí tyčinky a čípky
- lamina basalis

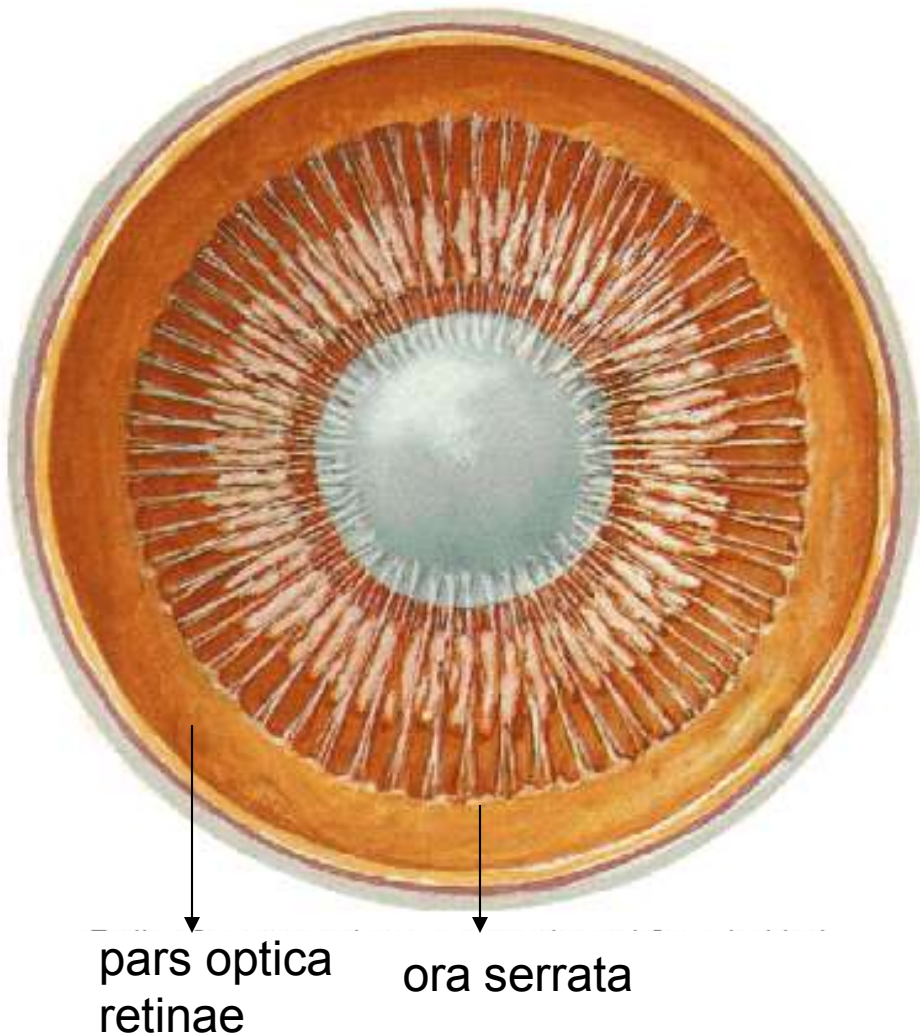
Uvea



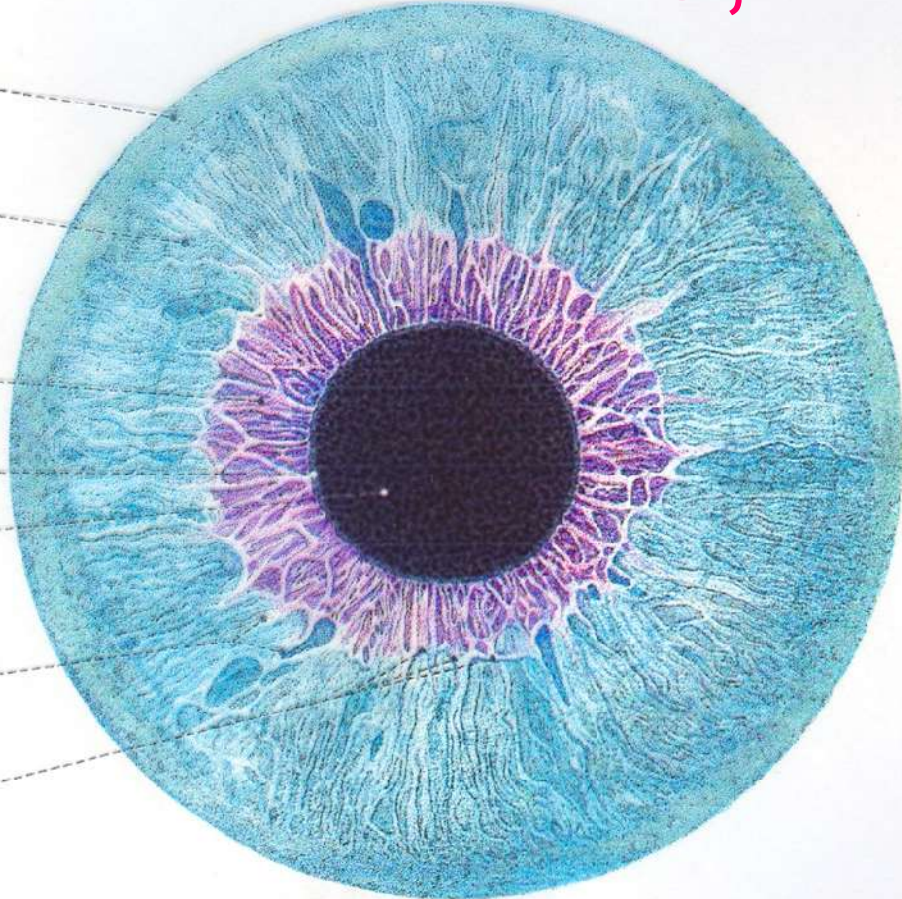
Williams P.L. (Ed) Gray's
Anatomy. Churchill
Livingstone, New York,
1995

2b. CORPUS CILIARE

- corona ciliaris (plicae et processus ciliares)
- fibrae zonulares
- na povrchu pars ciliaris retinae s pigmentovým listem
- m.ciliaris (jeho napětí ovlivňuje vyklenutí čočky; inervace parasymptikem)



2c. IRIS, DUHOVKA



- endotel (neúplná vrstva)
- stroma iridis
(kolagenní vazivo,
pigment, cévní
pleteně, m.sphincter
et dilatator pupillae)
- pars iridica retinae

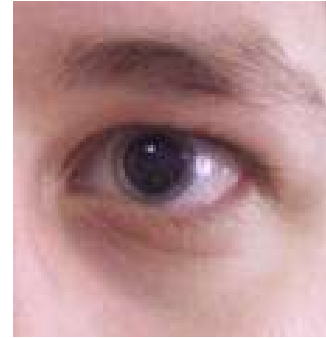
Funkce – clona fotoaparátu

- M. sphincter pupillae (konstriktor-cirkulární)

PARASYMPATIKUS

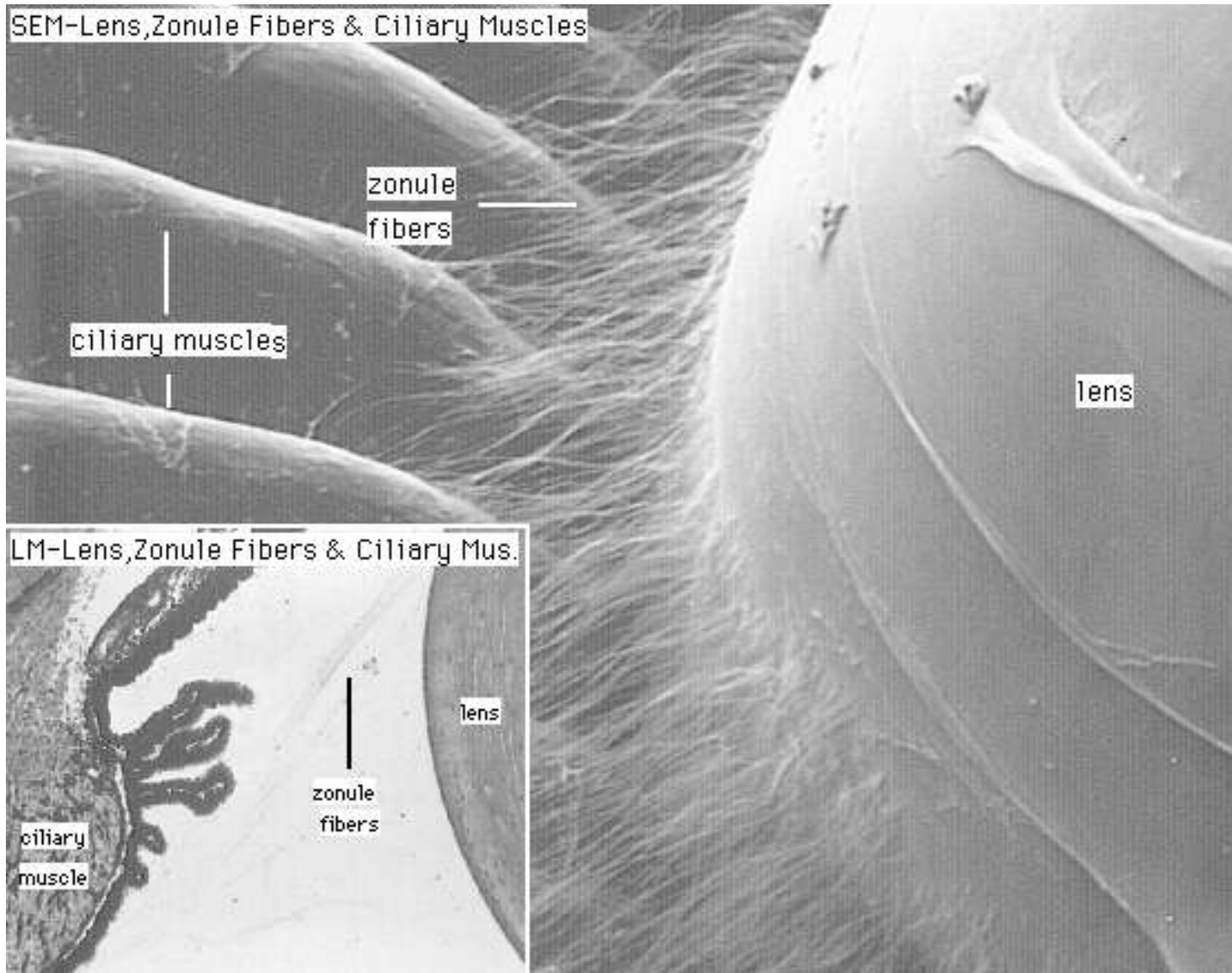
- M. dilatator pupillae (radiální) SYMPATIKUS (atropin –
atropa bella-donna – mandragora)

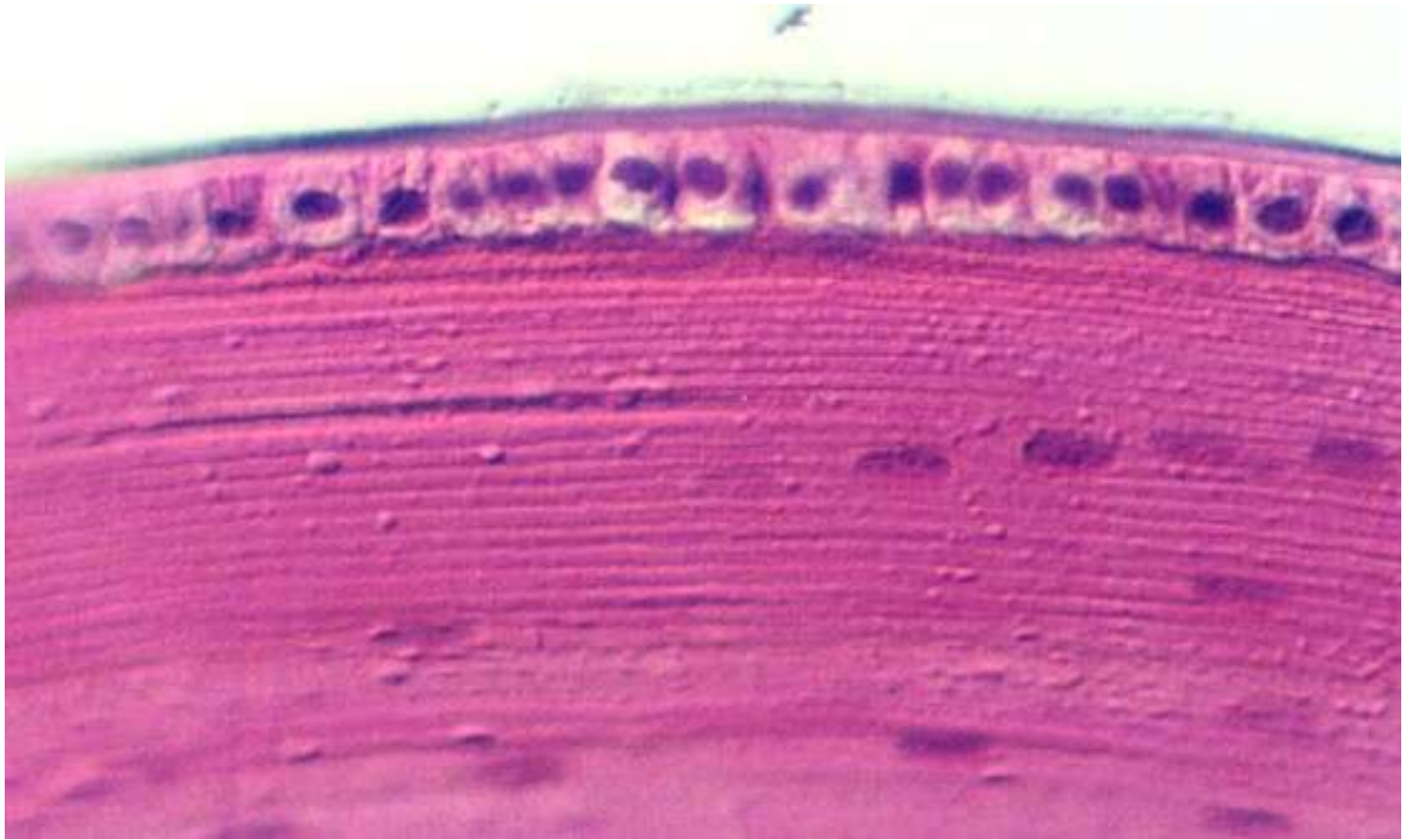
Dilatace a zúžení duhovky-zornice





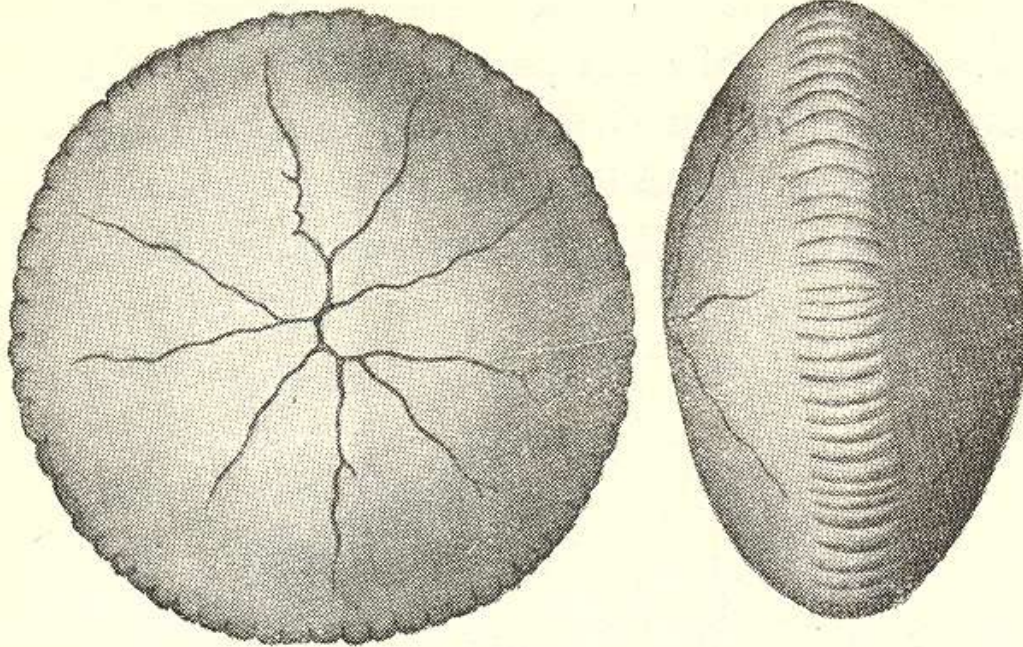
Čočka, závěsy, ciliární sval





Schopnost akomodace v rozsahu 10 – 17 D,
věkem se snižuje (na 2D až 0,5D)

Zákal čočky



LENS, ČOČKA

Capsula lentis

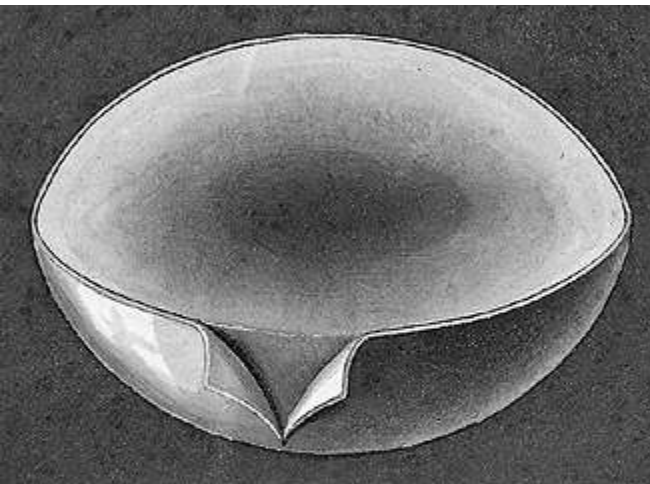
Epithelium lentis,

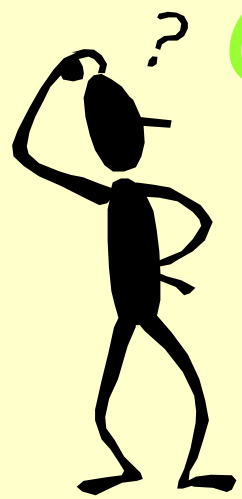
kubický epitel na přední ploše čočky, z
něj vznikají -

Fibrae lentis

Nucleus lentis

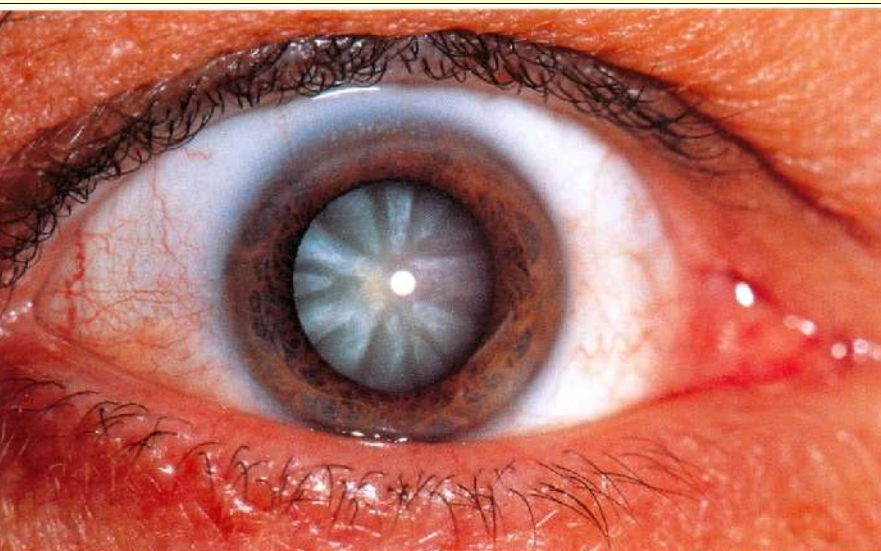
Cortex lentis



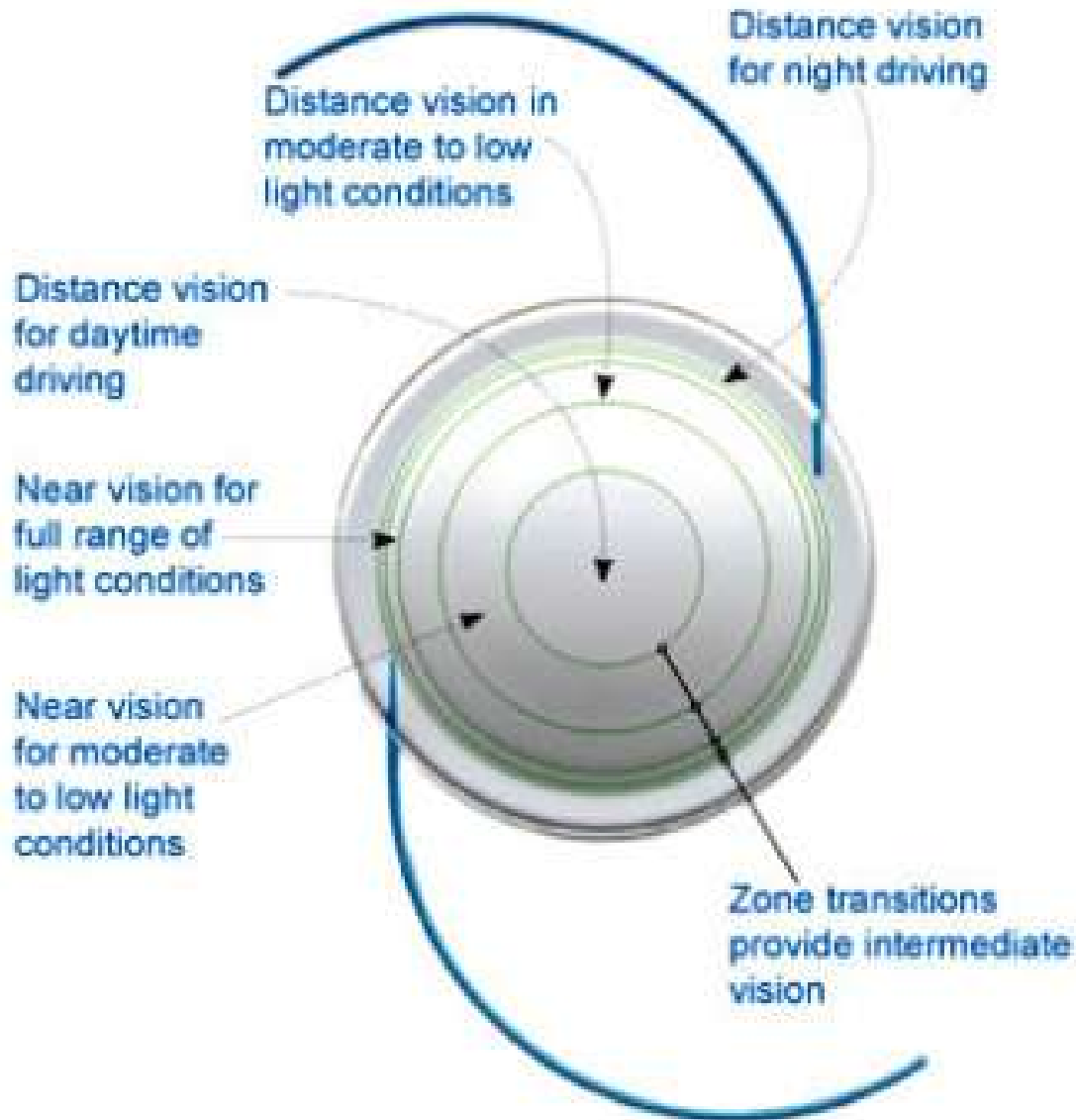


Odkaz na klinické využití

Katarakta – šedý zákal

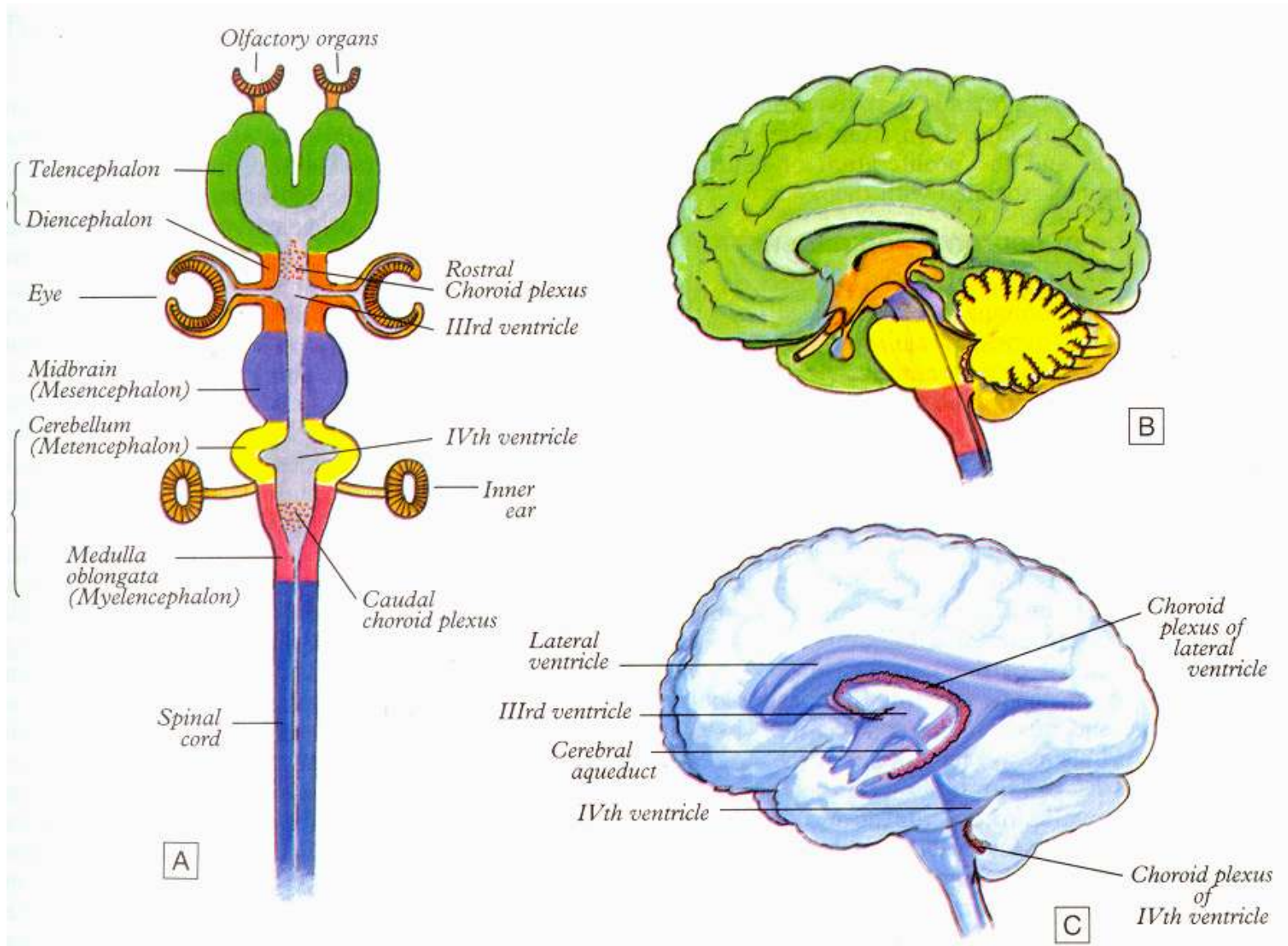


Multifokální a akomodující nitrooční čočky





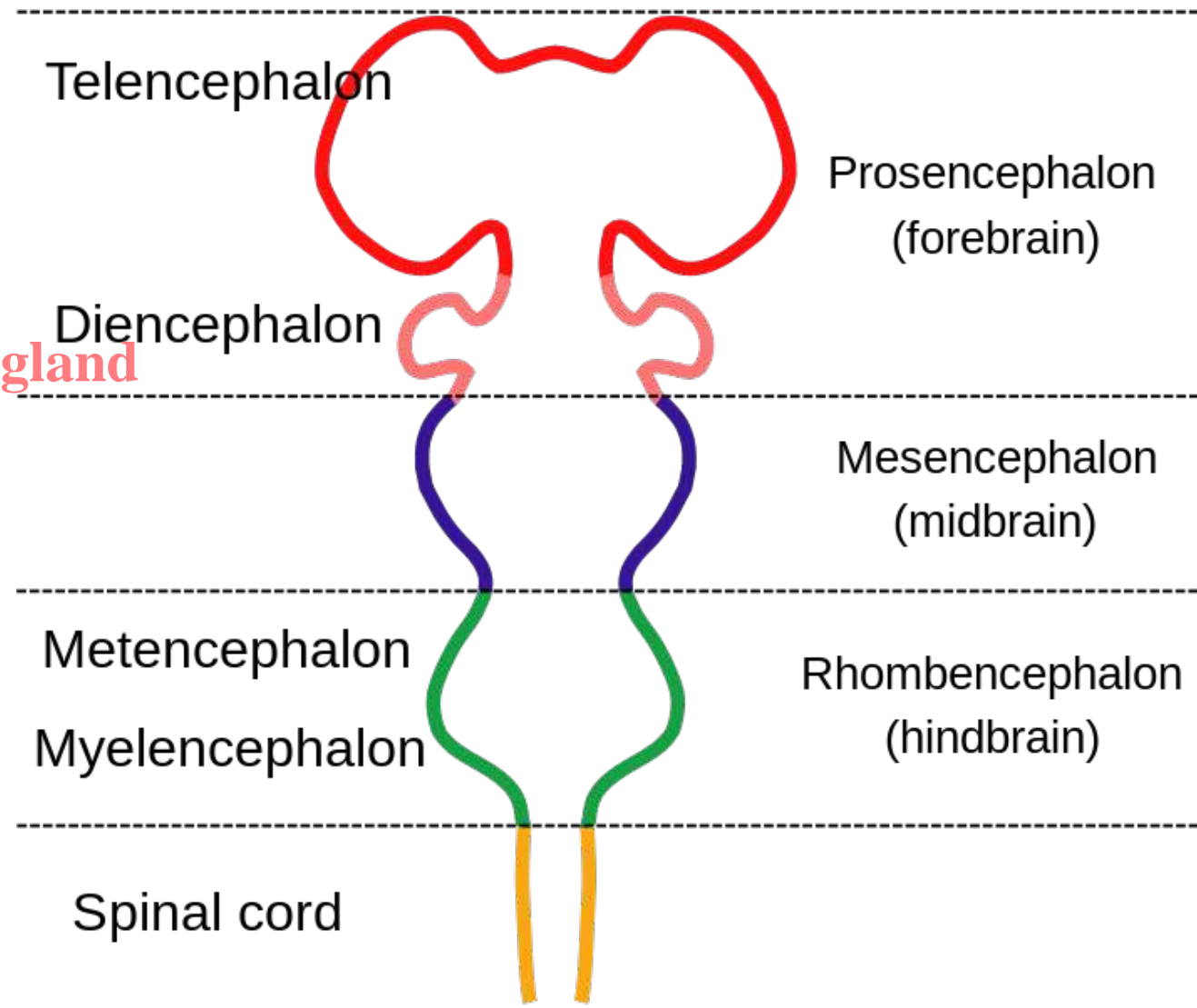
Structure of CNS



Brain regions

cortex
basal ganglia

thalamus
hypothalamus
epithalamus - pineal gland
pretectum
metathalamus

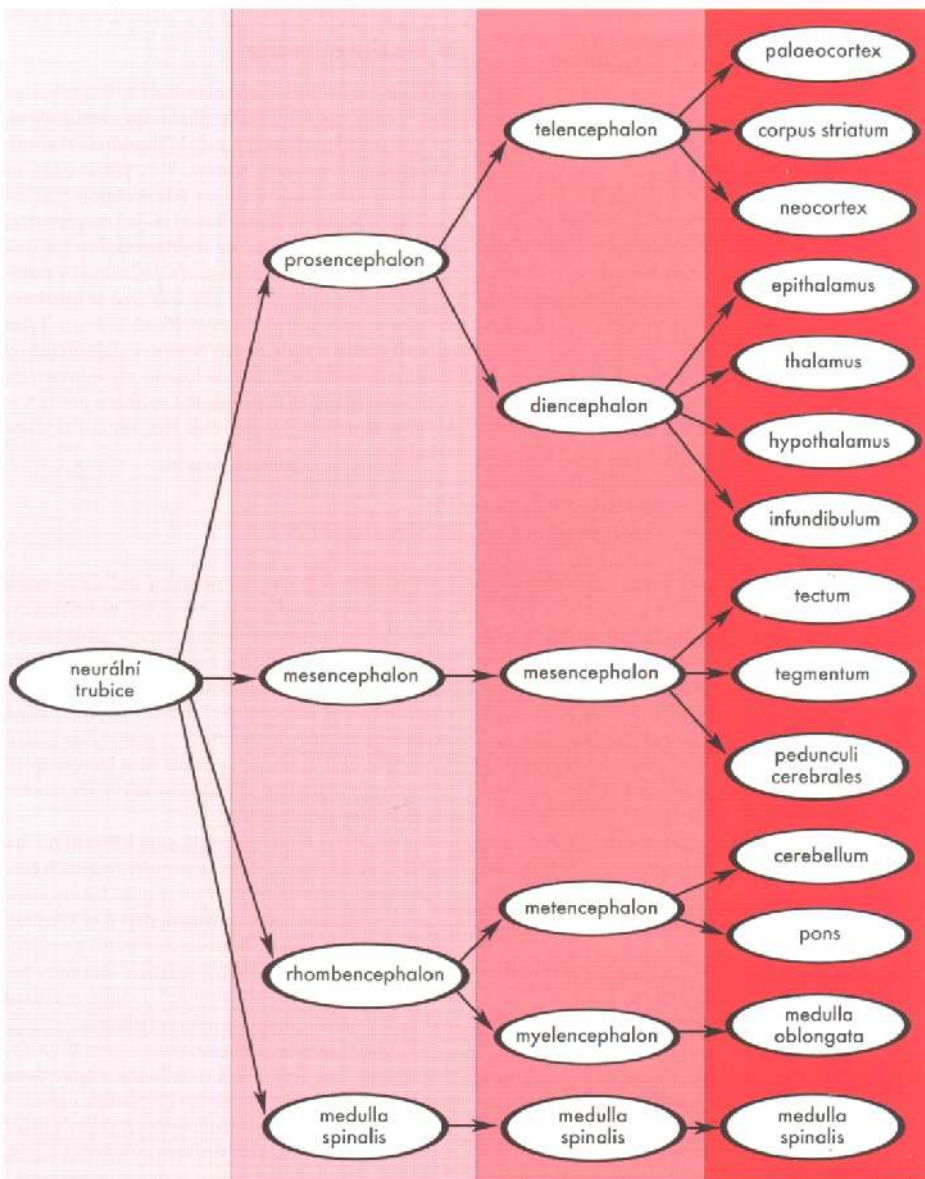


3. týden

4. týden

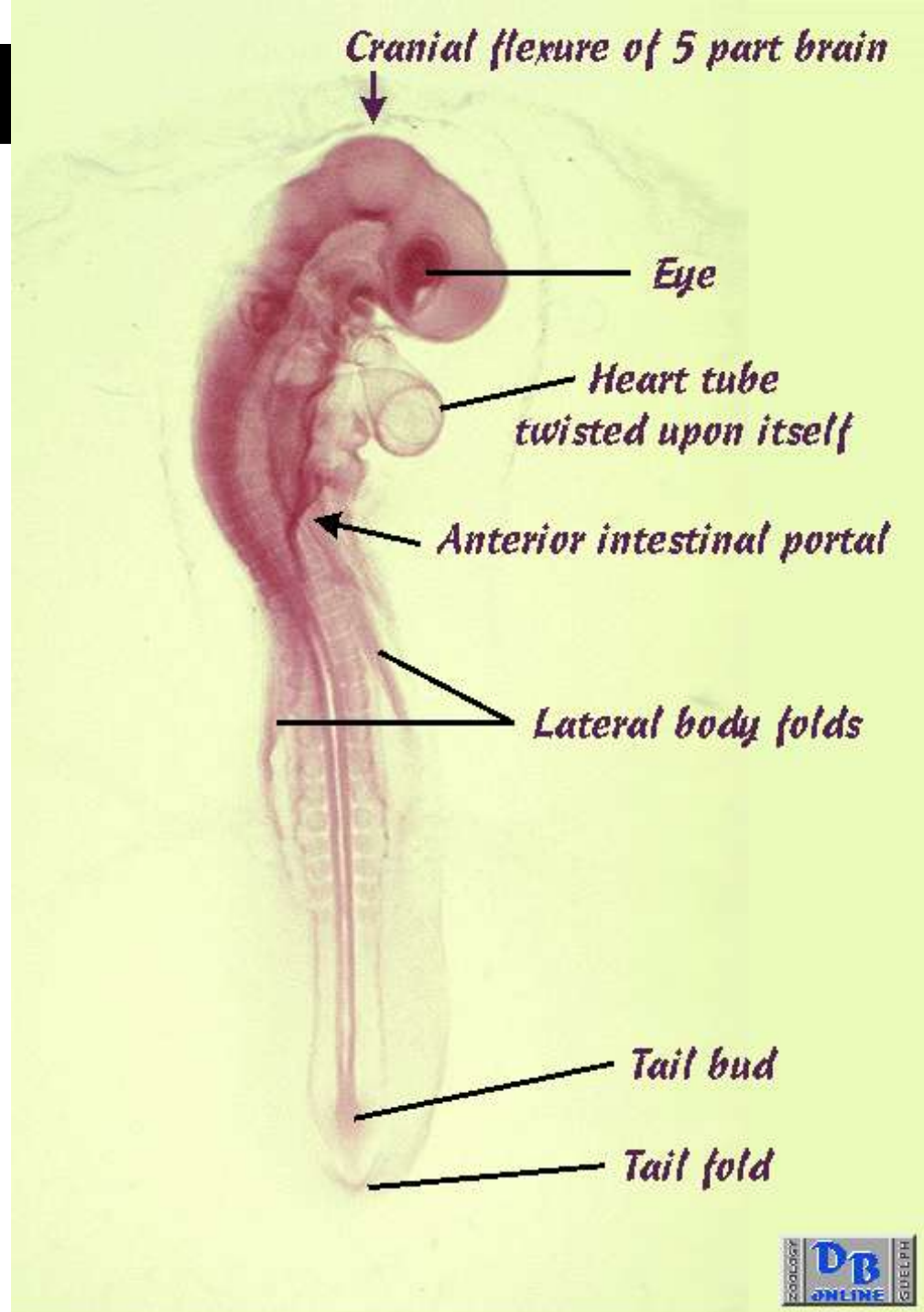
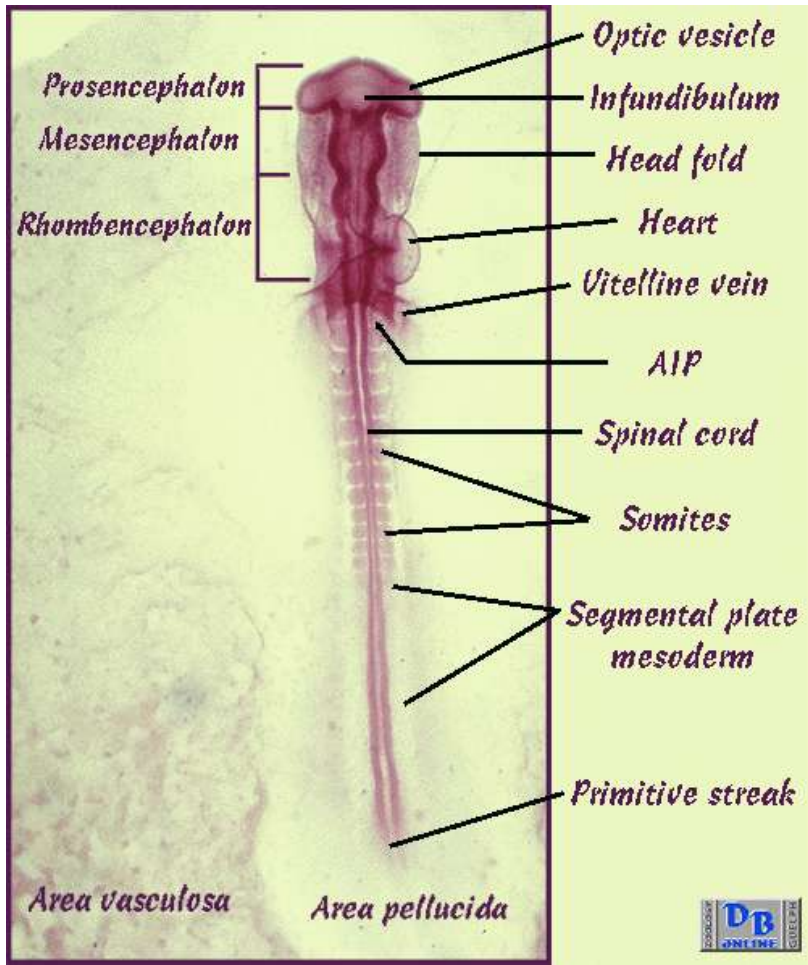
5. týden

6. týden

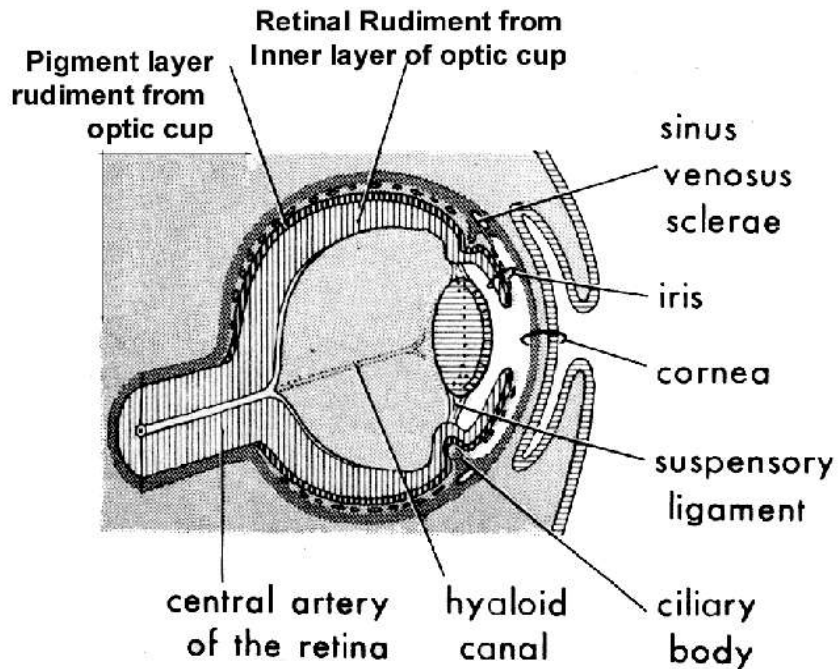
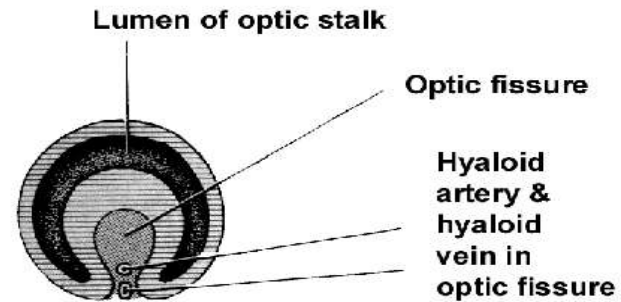
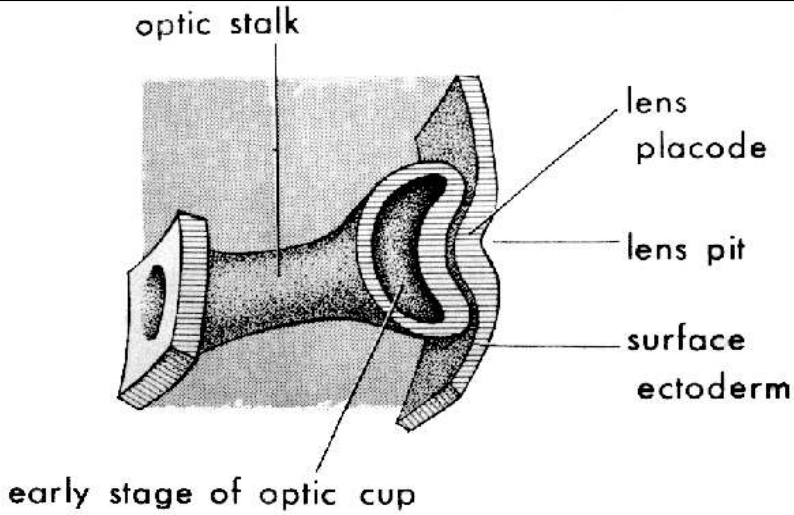


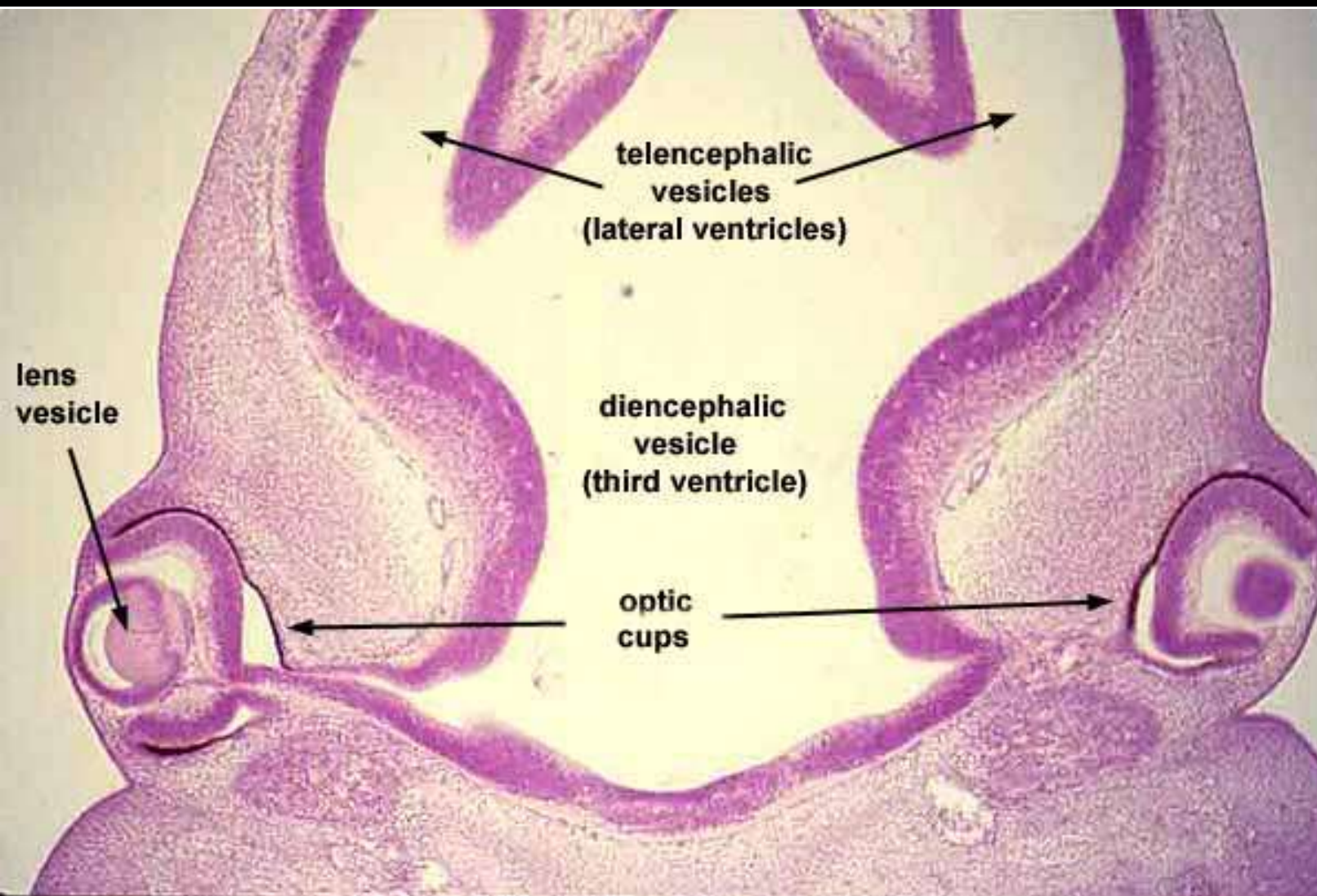
Obr. 157. Postup diferenciacie neurální trubice v jednotlivé oddíly CNS v průběhu 3.–6. týdne embryonálního vývoje člověka

33 & 48 h chick embryo



The development of the eye





**corneal
epithelium**



retina



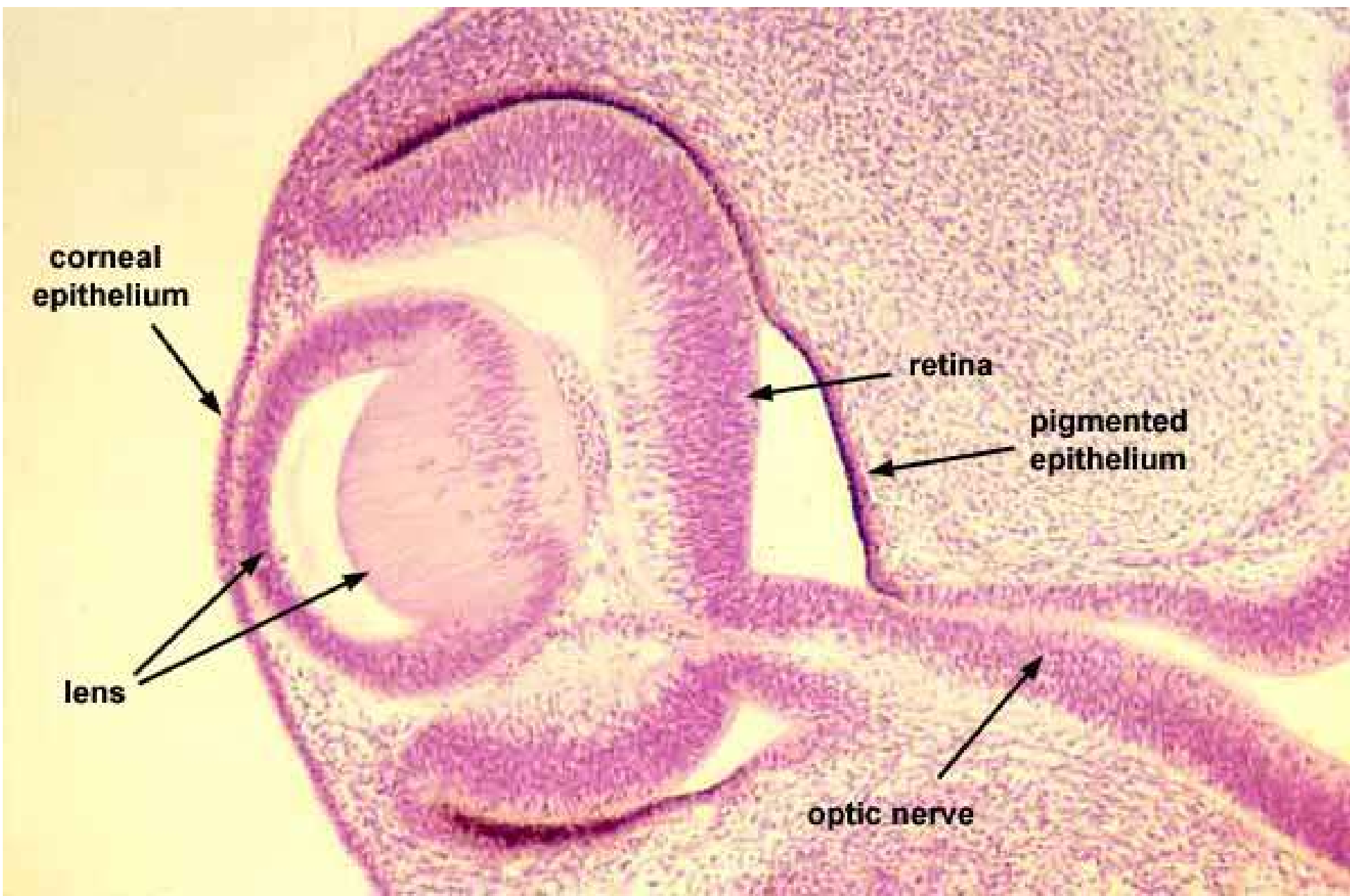
**pigmented
epithelium**



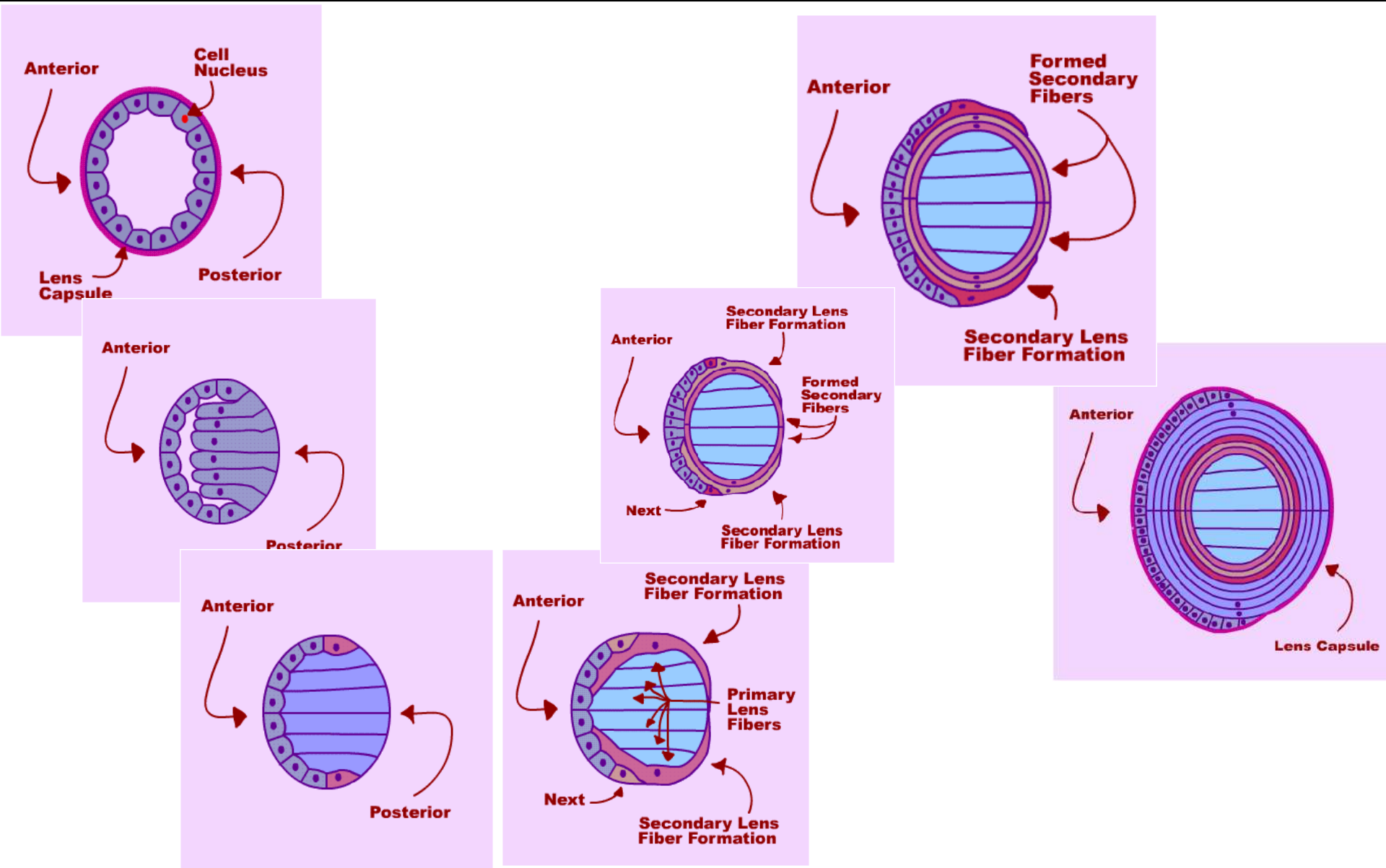
lens



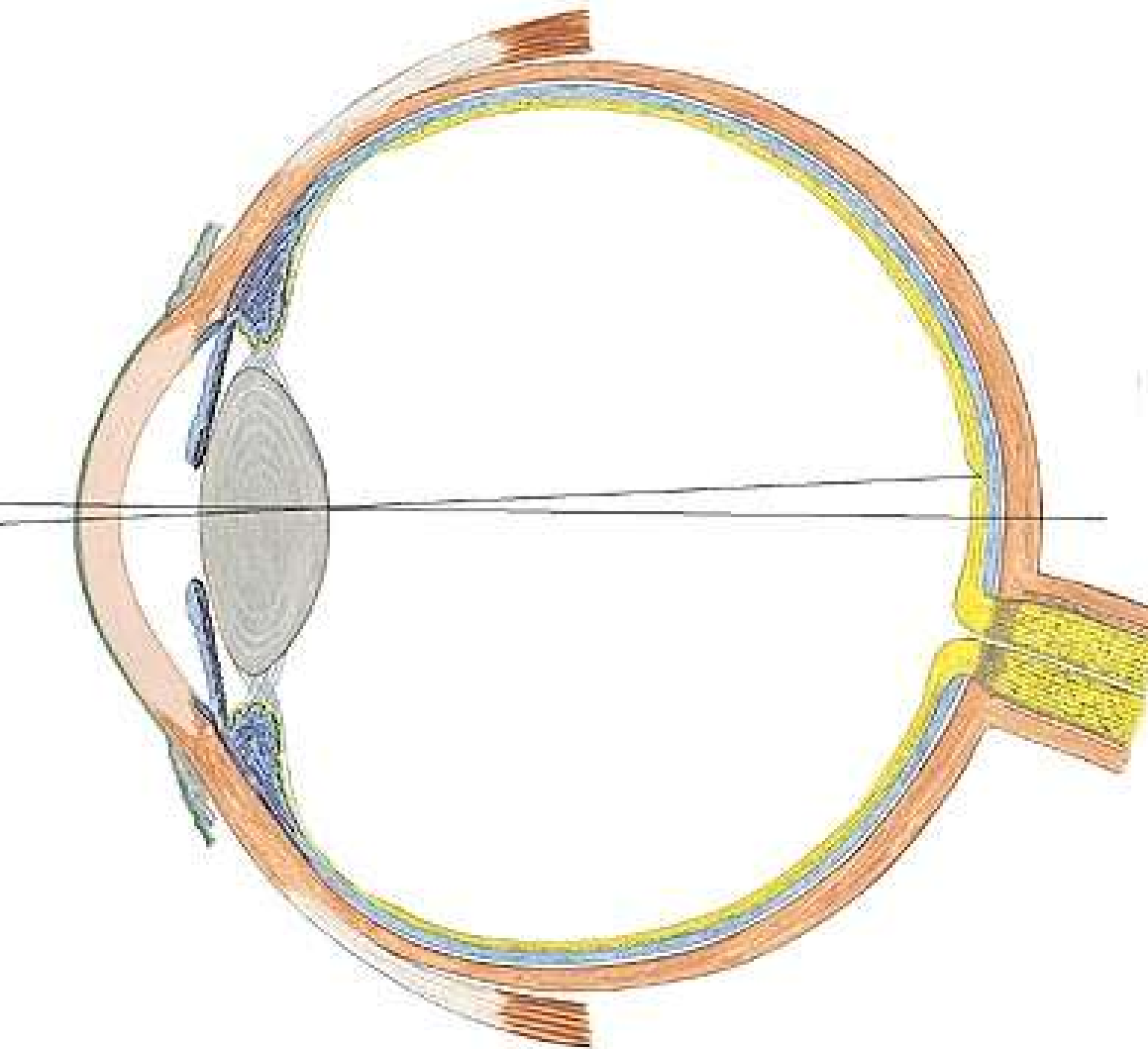
optic nerve



Lens development



BULBUS OCULI



1. Tunica fibrosa
sclera; cornea

2. Tunica vasculosa
choroidea; corpus
ciliare; iris

3. Tunica interna
pars optica retinae
pars ciliaris et iridica
retinae

*Vitreous humour, lens,
chambers, extraocular muscles,
eyelids, lacrimal apparatus*

The Fibrous Tunic

- Most **EXTERNAL layer** of the eyeball
 - Composed of two regions of connective tissue
 - **Sclera** – posterior five-sixths of the tunic
 - White, opaque region
 - Provides shape and an anchor for 6 eye muscles
 - **Cornea** – anterior one-sixth of the fibrous tunic
 - **Limbus** – junction between sclera and cornea (**stem cells**)
 - **Scleral venous sinus** – allows aqueous humor to drain (**Glaucoma! High eyeball pressure**)

The Vascular Tunic

- The **MIDDLE layer** of the eyeball
- Composed of **choroid, ciliary body, and iris**
- **1. Choroid** – vascular, darkly pigmented membrane
 - Forms posterior five-sixths of the vascular tunic
 - Brown color – from melanocytes
 - Prevents scattering of light rays within the eye
- Choroid corresponds to the arachnoid and pia maters (**therefore sclera corresponds to ...**)

Eyelid development

**Eyelids fused by 9 weeks of development.
Week 20 – opening begins.**

3. Tunica interna

pars optica retinae

pars caeca - ciliaris et
iridica retinae

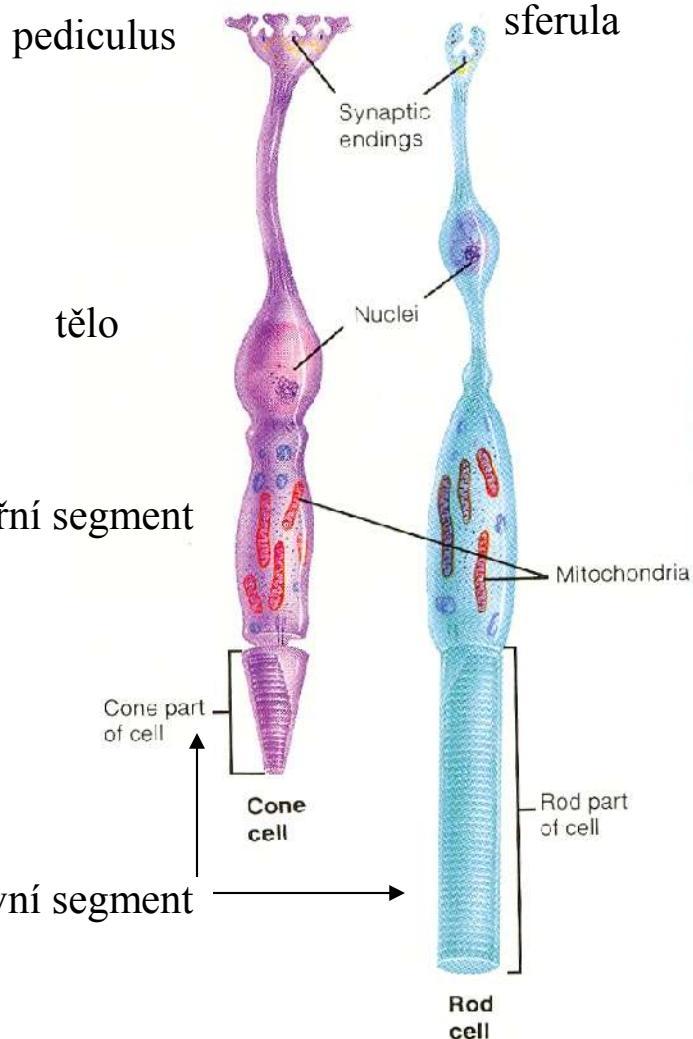
3. PARS OPTICA RETINAE

Tyčinky, 120 milionů, vnímání světla, citlivé, rhodopsin

Čípky, 6 milionů, barevné vidění, trichromatické

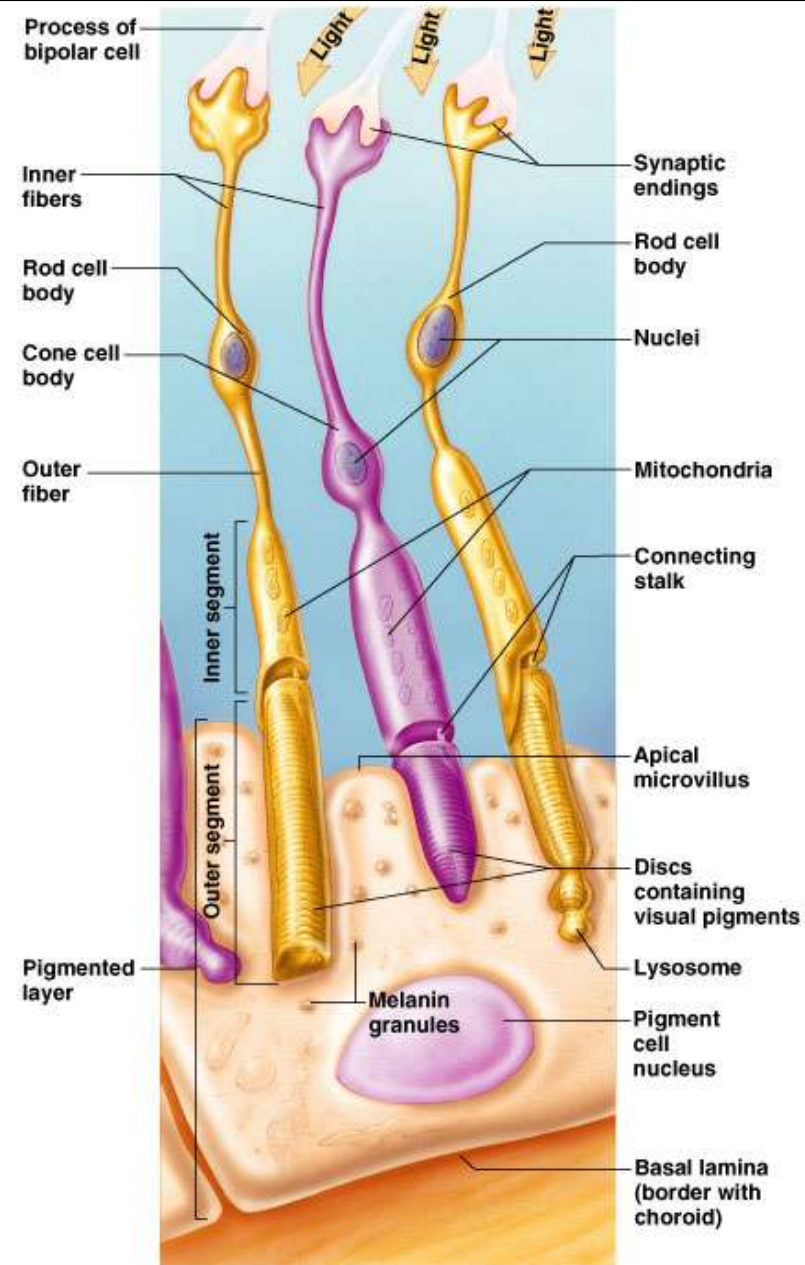
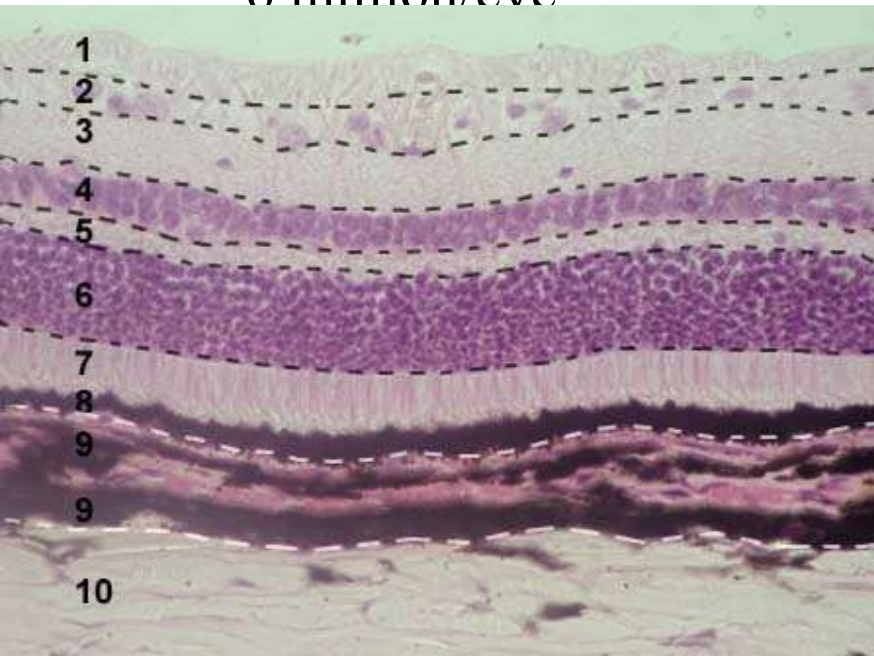
Barvoslepost (dichromatické, monochromatické vidění)

Přeměna světelné energie na nervové vzruchy; rozklad zrakových pigmentů, depolarizace membrány – receptorový potenciál



RETINA

- **Rod cells** – more sensitive to light
 - vision in dim light
 - 120million/eye
- **Cone cells** – operate best in bright light
 - high-acuity color vision
 - 6 million/eye

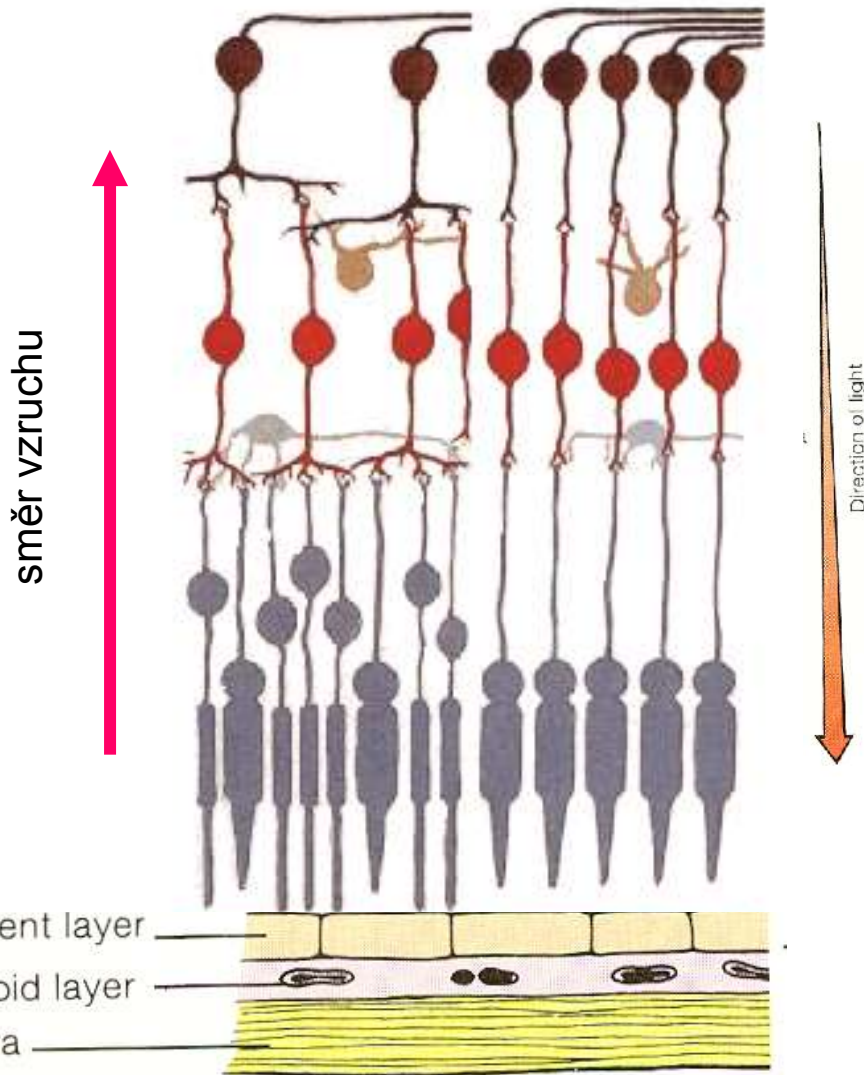


Hlavní vrstvy sítnice

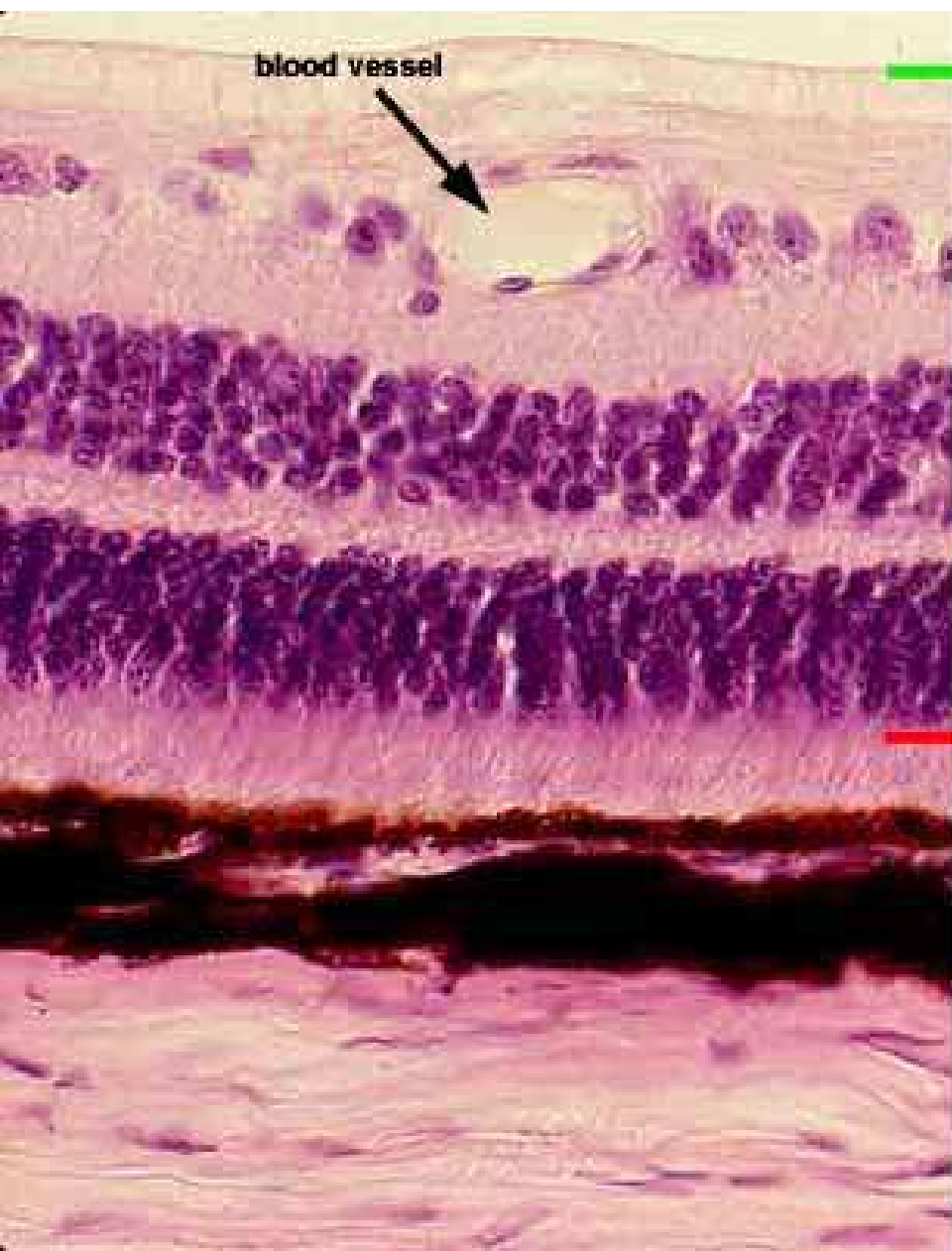
3. neuron =
gangliové buňky

2. neuron =
bipolární buňky

1. neuron =
tyčinky a čípky



a.+v. centralis retinae



nerve fiber layer

ganglion cell layer

inner plexiform layer

inner nuclear layer

outer plexiform layer

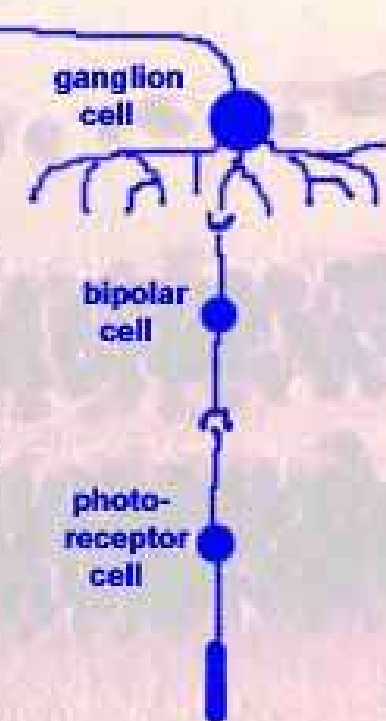
outer nuclear layer

receptor layer

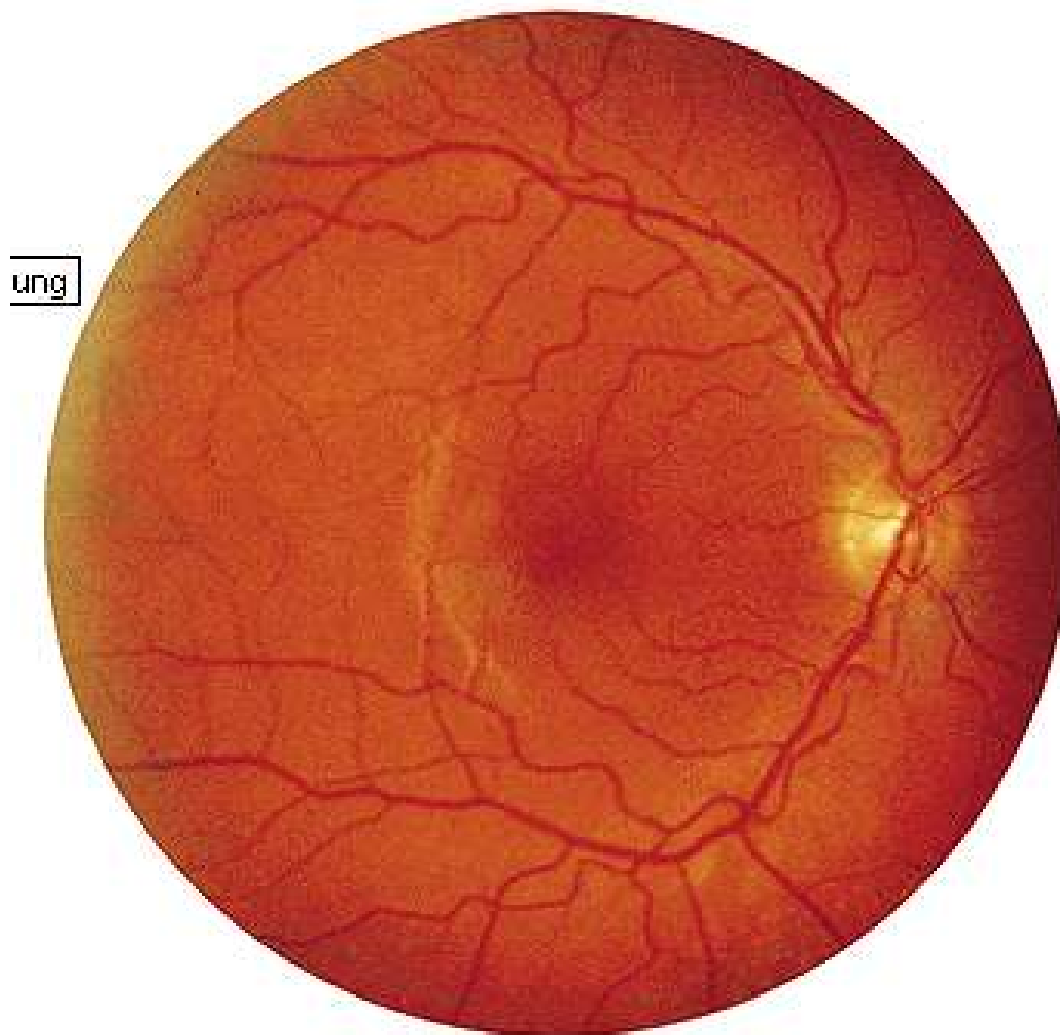
pigmented epithelium

choroid

sclera

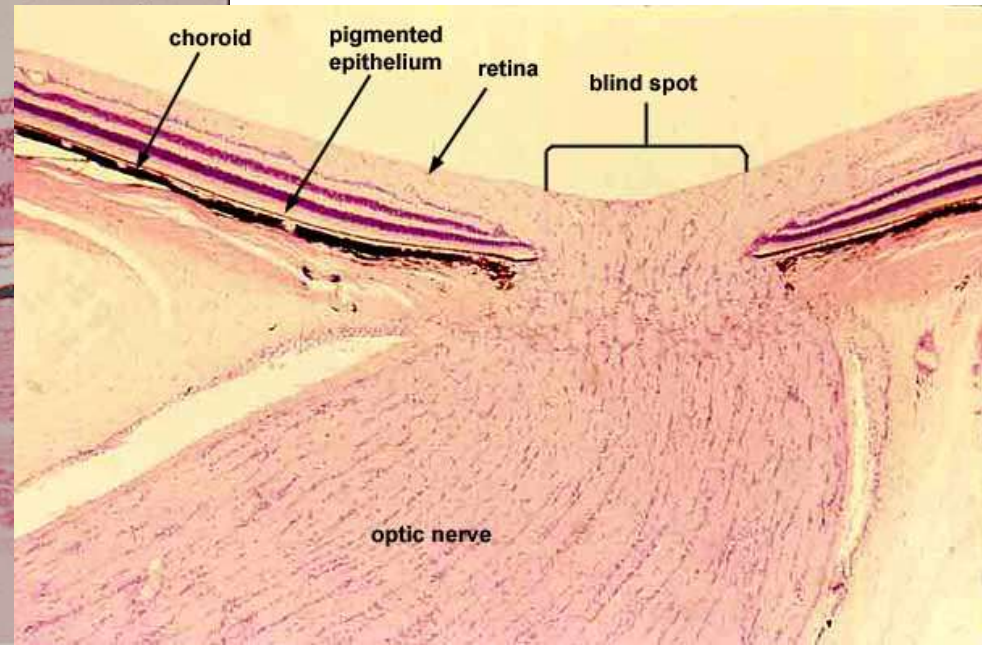
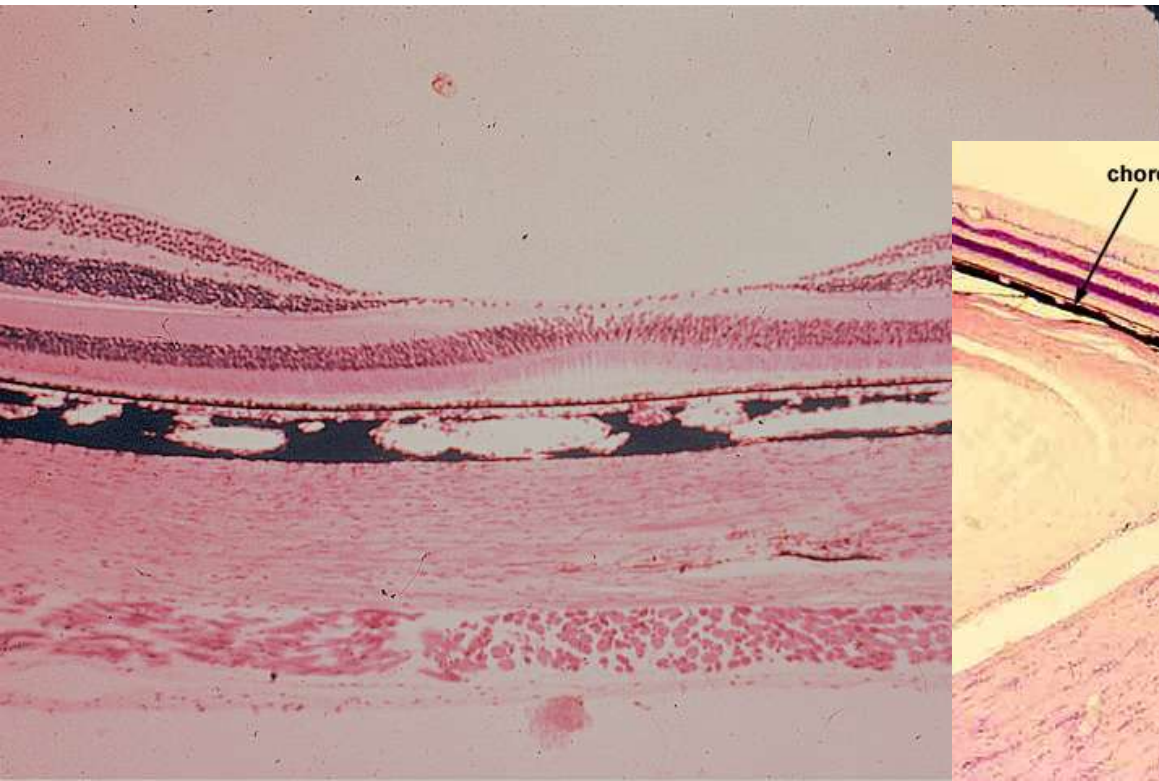


Oční pozadí



RETINA – žlutá skvrna, macula lutea

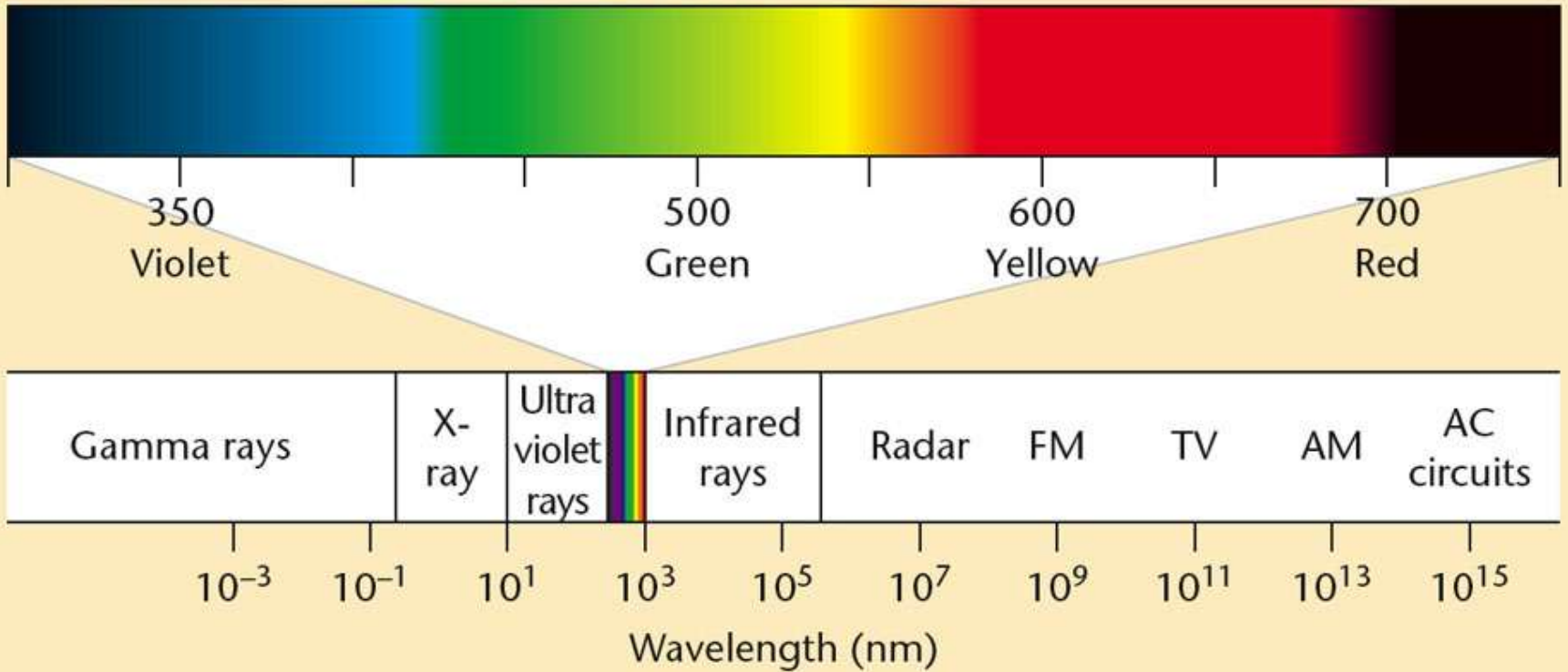
- **Macula lutea** – málo cév, hlavně čípky
- V jejím centru - **fovea centralis** – pouze čípky (nejostřejší vidění)
- **Optický disk** – slepá skvrna, místo výstupu optického nervu



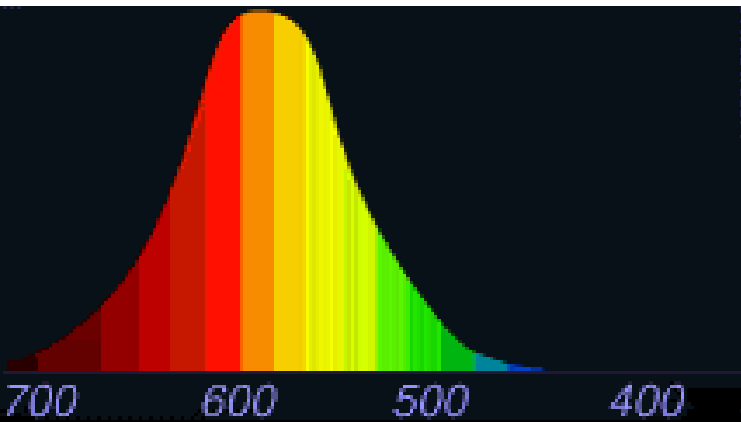
SLEPÁ SKVRNA



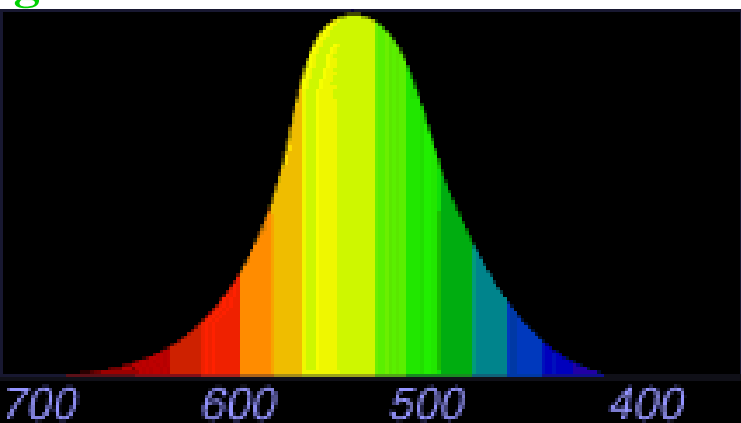
400-700nm



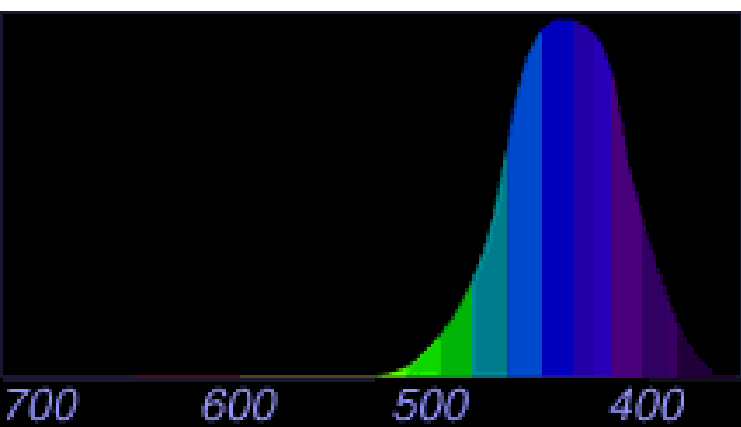
“red” or “L” cones long vlnová délka světla



“green” or “M” medium



“blue” or “S” cones short

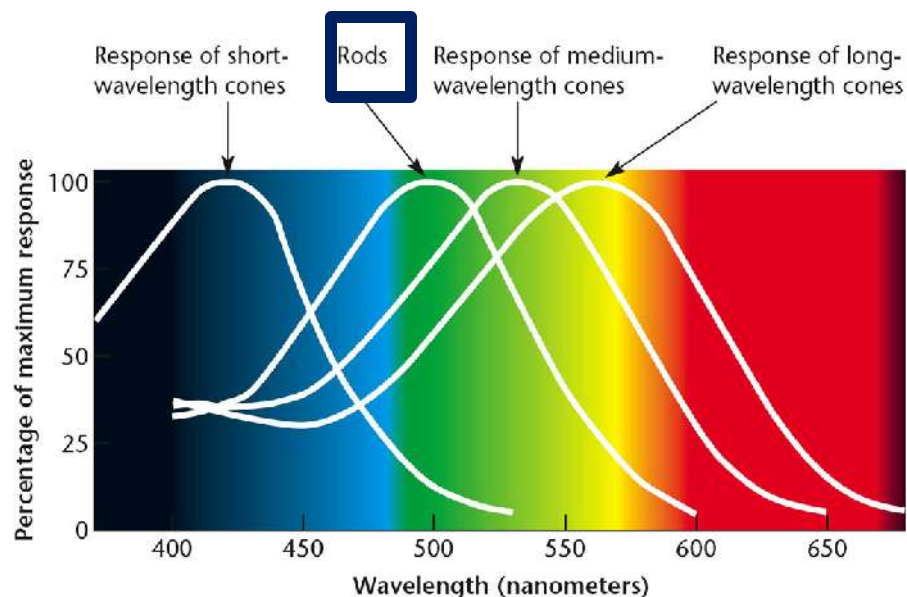


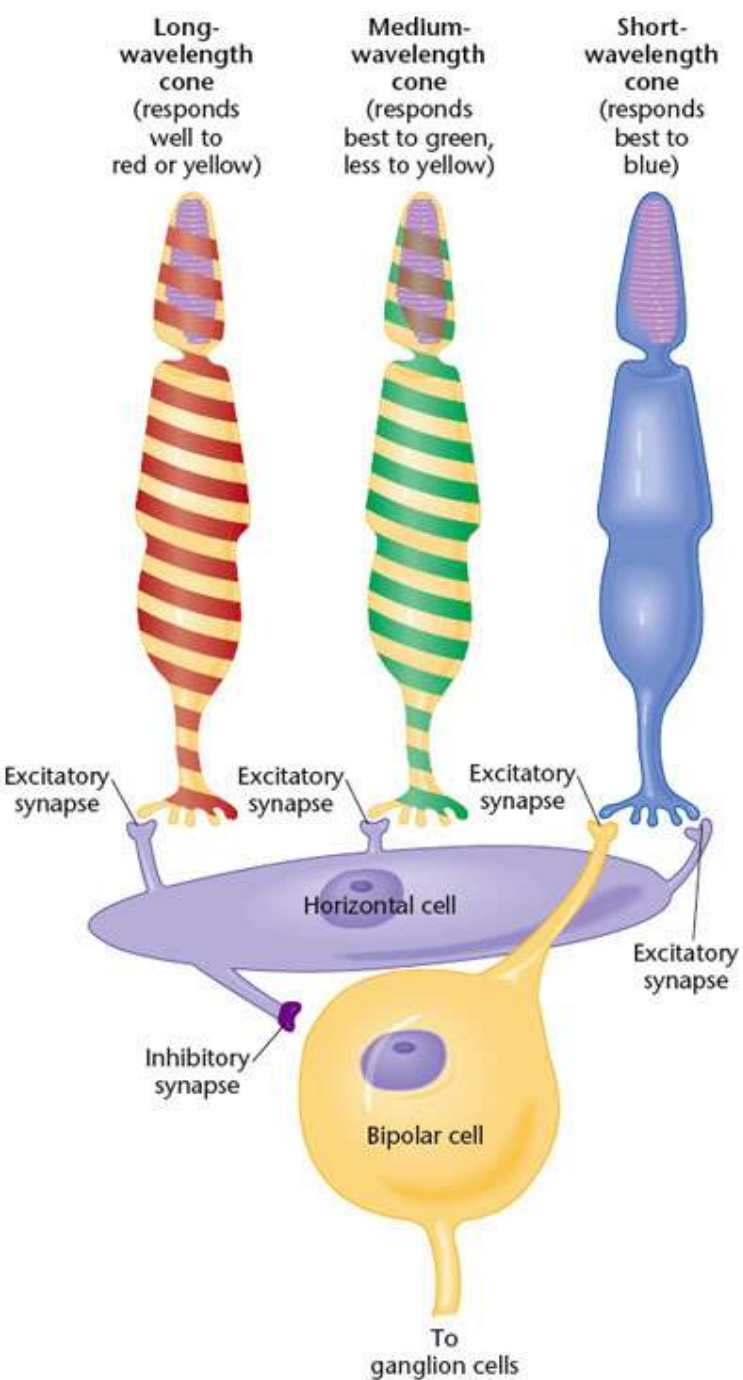
ČÍPKY – barevné vidění

Trichromatická teorie - porovnání již v retině ((optický nerv má pouze 1 milion axonů)), keď signály z “red” a “green” čípků jsou porovnány speciálnízovanými red-green buňkami “opponent-process theory”.

- měří poměr mezi červeným a zeleným světlem z dané části zorného pole

Defekt 1 či více typů čípků BARVOSLEPOST





- **Laterální inhibice** snižuje aktivitu sousedních neuronů při aktivaci centrálního neuronu
- Umožňuje zvýšení kontrastu vidění

FOTOTRANSDUKCE

- Tyčinky a čípky obsahují **fotopigmenty**- uvolní energii při zasažení světlem.

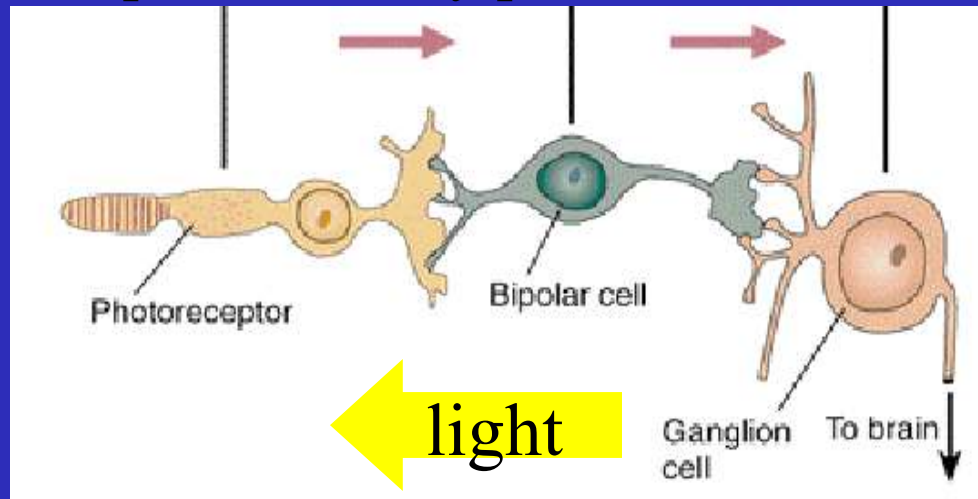
Fotopigment - 11-*cis*-retinal (derivát vitamínu A) je vázán na protein opsin.

Energie světla změní 11-*cis*-retinal na all-*trans*-retinal, jenž posléze aktivuje 2nd messenger systém, který **uzavře** Na⁺ kanály, vedoucí k hyperpolarizaci.

Více světla = hyperpolarizace.

FOTOTRANSDUKCE

Fotoreceptory a bipolární buňky pouze mění membránový potenciál.



Pouze gangliové buňky tvoří akční potenciál.

V klidu (ve tmě) fotoreceptory uvolňují neurotransmitter (glutamát).

Ten některé bipolární buňky hyperpolarizuje, jiné depolarizuje.

Bipolární buňky pak obdobně hyper-/depolarizují gangliové buňky.

Zpracování signálů gangliovou buňkou sítnice

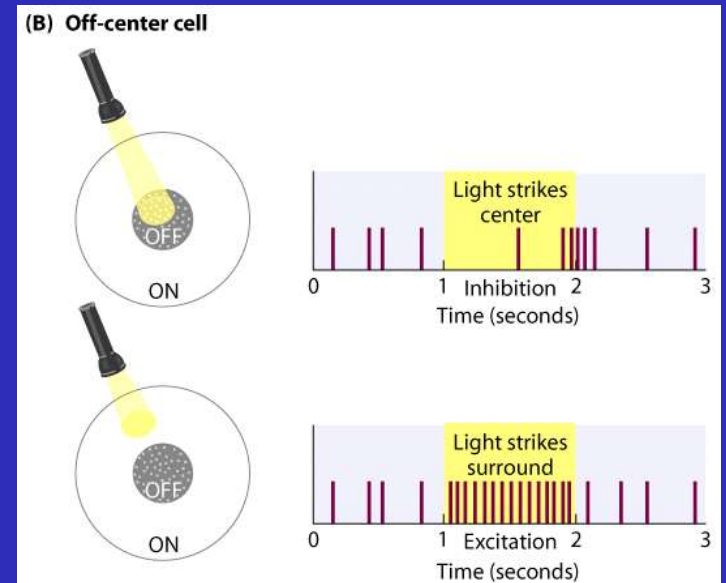
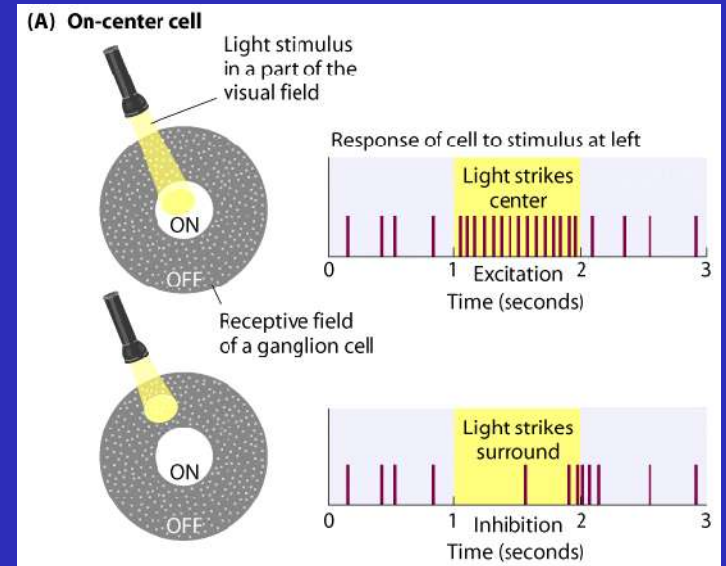
Gangliová buňka reaguje na světlo v rámci svého receptivního pole.

Gangliové receptivní pole

- je kruhové
- má koncentrické antagonistické okolí

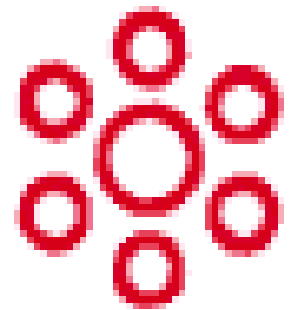
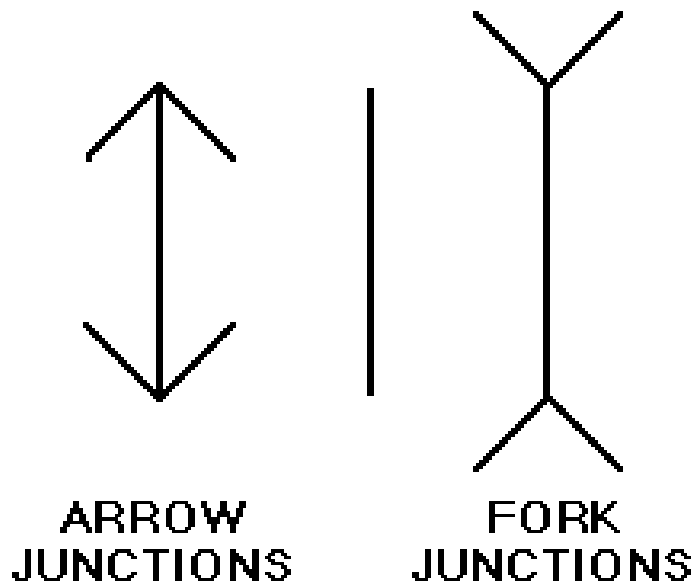
on-center cells → nejvíce excitované světlem v centru pole

off-center cell → nejvíce excitované světlem v okolí

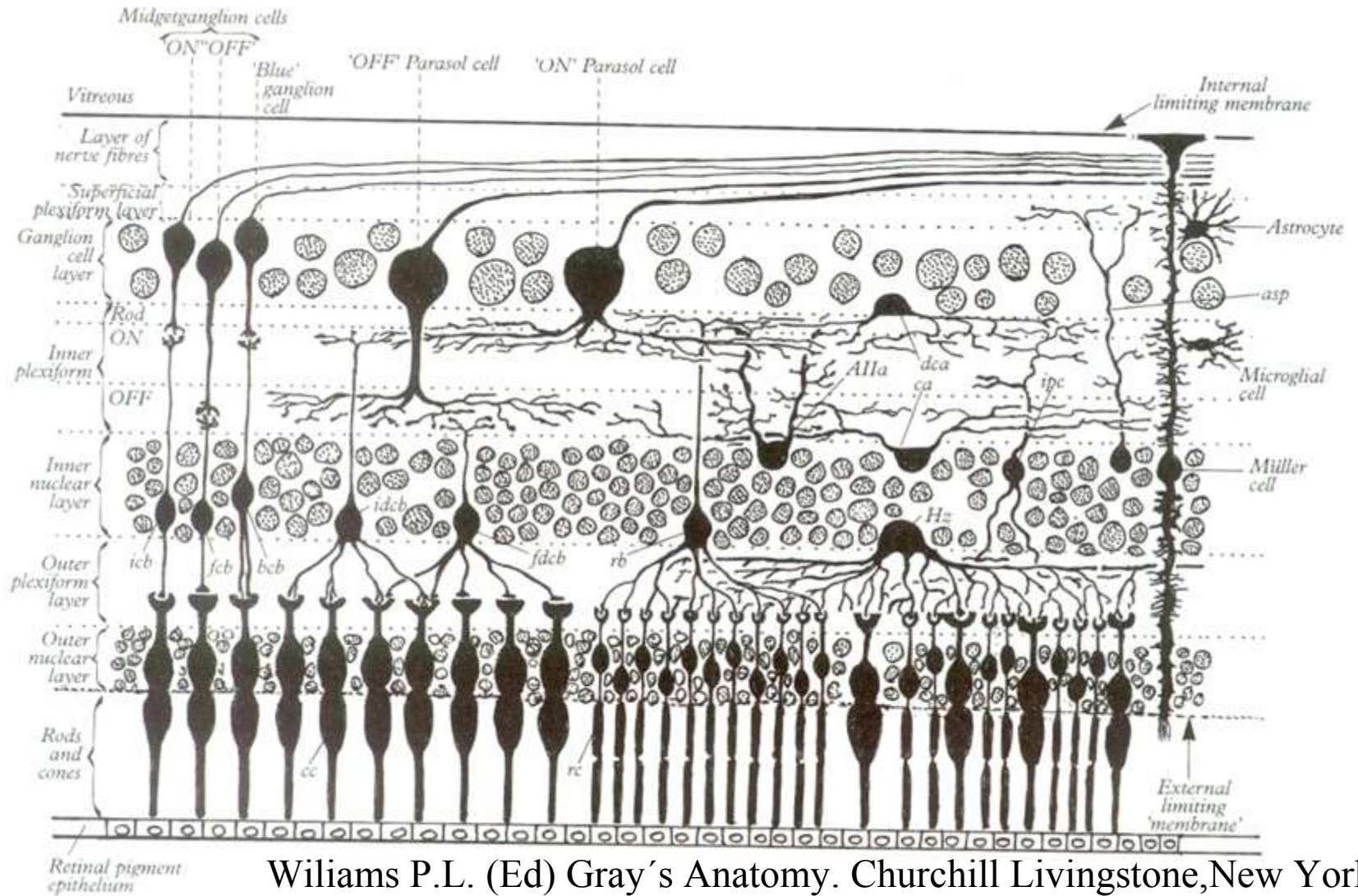


Geometrické iluze

Müller-Lyer Illusion



Retina-schema



Williams P.L. (Ed) Gray's Anatomy. Churchill Livingstone, New York, 1995

ZRAKOVÁ DRÁHA



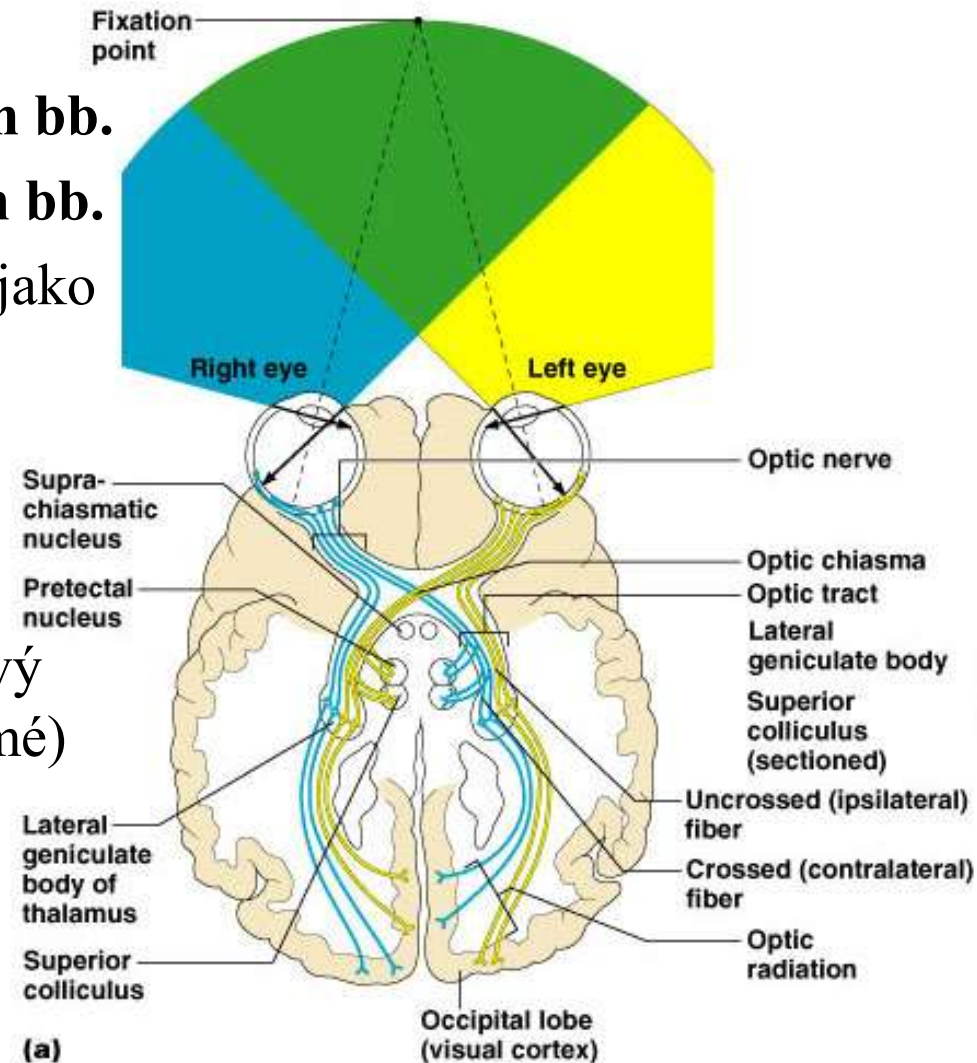
1.,2.,3. N – tyčinky a
čípky, bb.bipolární,
bb.gangliové (+ horizontální
a amakrinové buňky).

4. N – corpus
geniculatum laterale, z
něj tr. geniculo-corticalis
(radiatio optica) do area
17

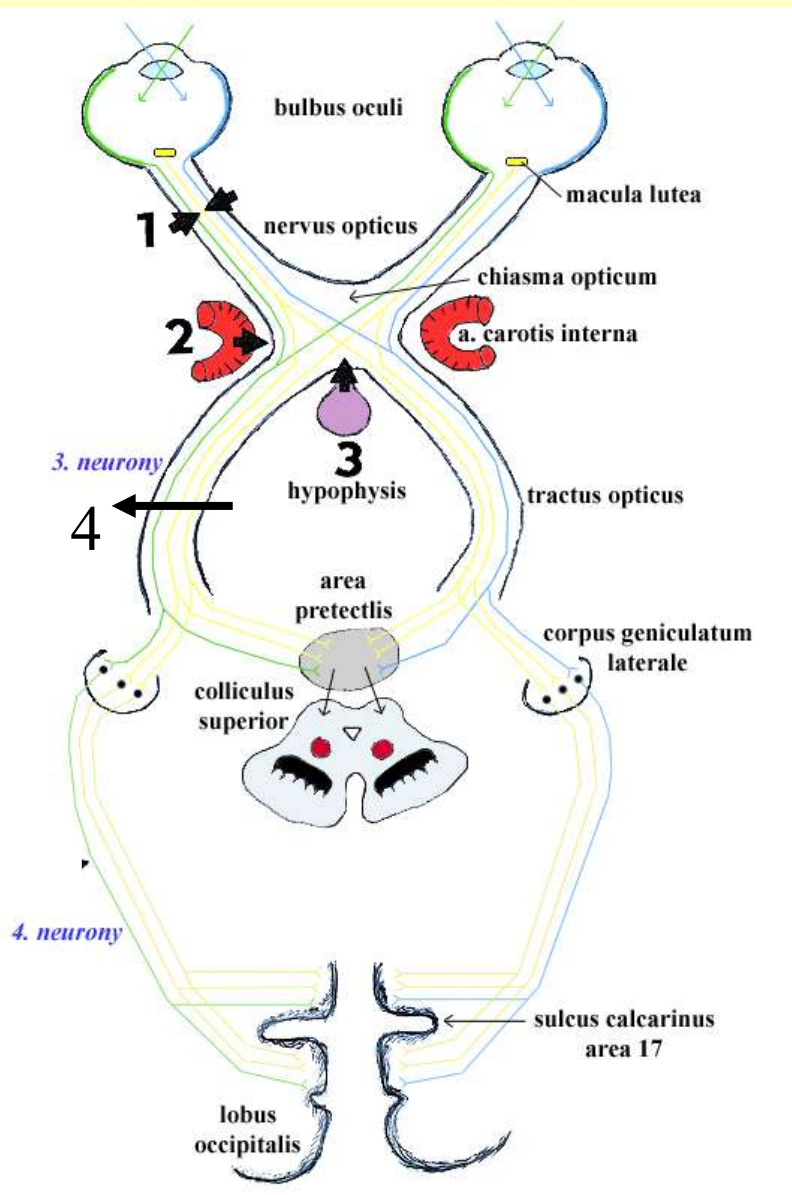
5. N – buňka v area 17
(V_1)

Zraková dráha

- Světlo aktivuje **fotoreceptory**
- Fotoreceptory signalizují **bipolárním bb.**
- Bipolární bb. signalizují **gangliovým bb.**
- Axony gangliových bb. opouští oko jako **optický nerv**
- Optický nerv **decussates at chiasma**
- **Optický trakt** jde do **corpus geniculatum laterale** thalamu (plus odbočky do mezimozku pro zornicový reflex, pozici a pohyb oka – nevědomé)
- **Radiatio optica** jde do primárního zrkového kůry (vědomé vidění)



klinické využití



1 – amaurosis



2 – nasální hemianopsie

(a.carotis interna)



3 – bitemporální hemianopsie

(hypofýza)

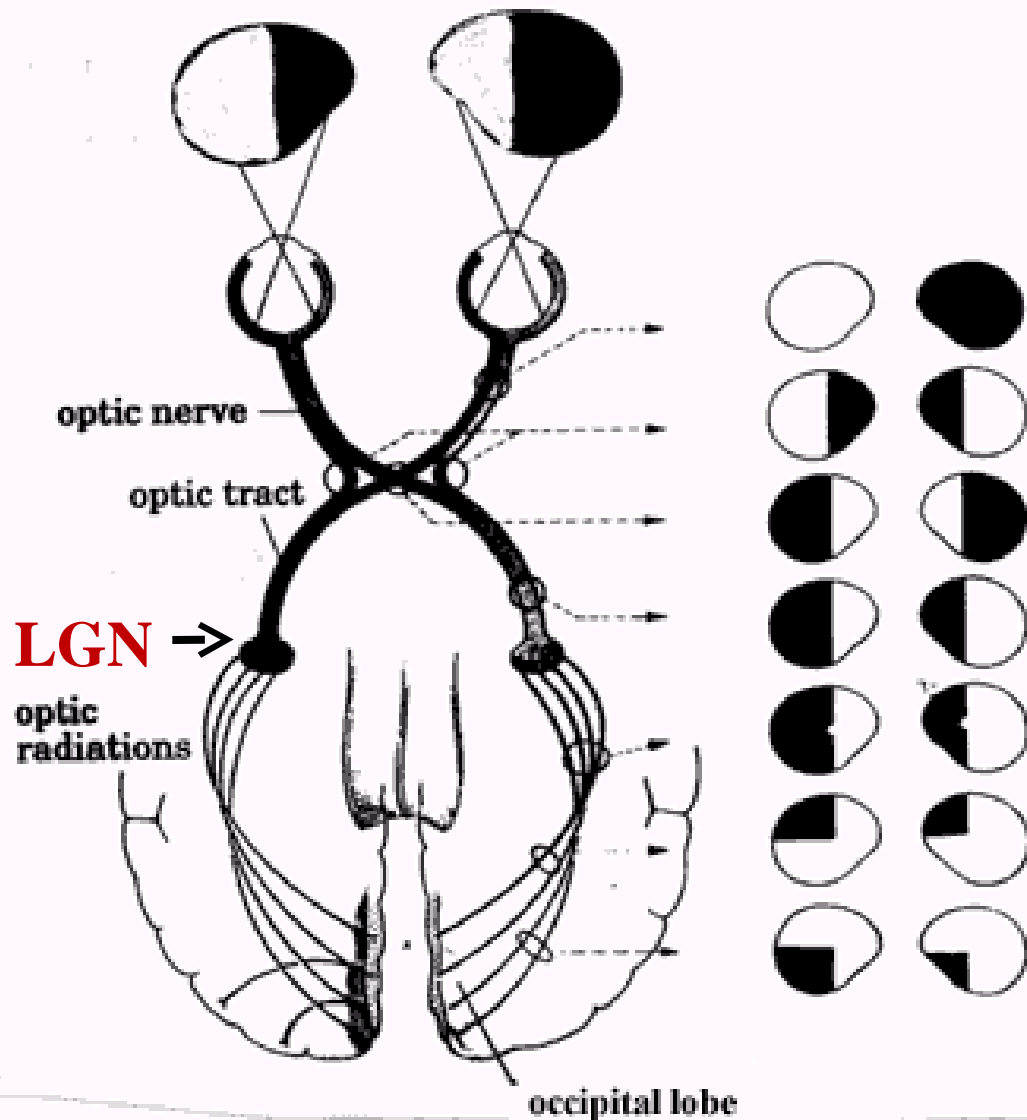
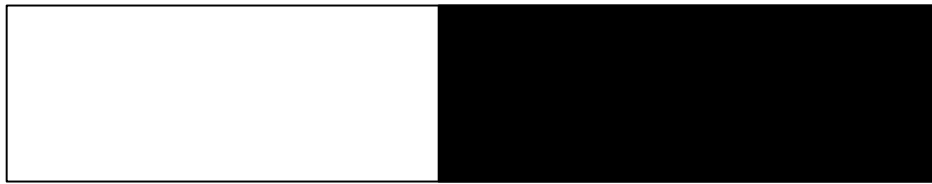


4 – homonymní hemianopsie



Kůra - quadrantanopie (ischemie v obl.a.cerebri post.), korová slepota, optická agnosie, dysmorfopsie, fosfeny, halucinace

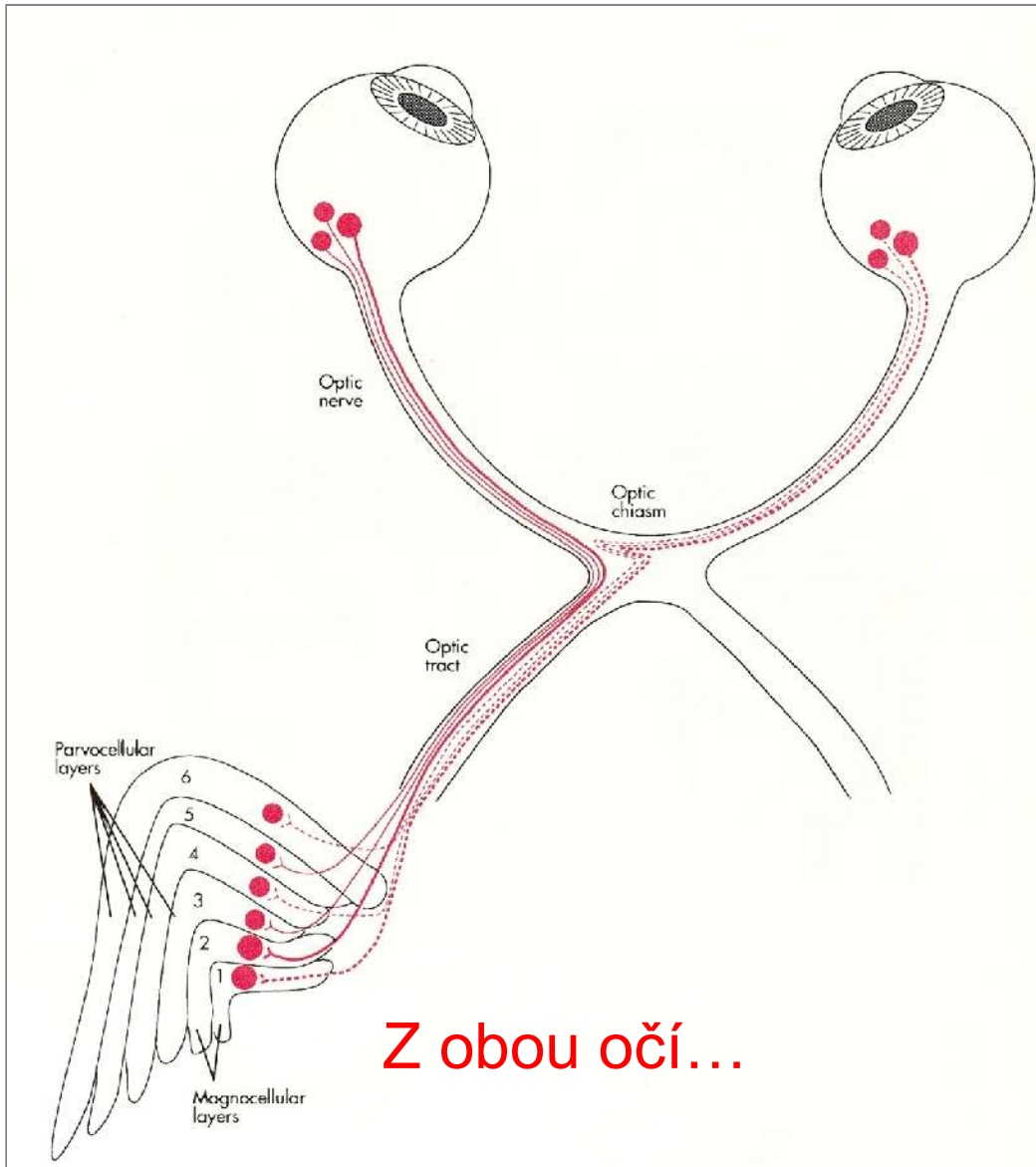
Visual Pathways to the Brain and Visual Fields - DEFECTS



The **primary visual cortex (area V1)** receives information from the lateral geniculate nucleus and is the area responsible for the first stage of visual processing.

Some people with damage to V1 show **blindsight**, an ability to respond to visual stimuli that they report not seeing.

4. N, řez přes corpus geniculatum laterale



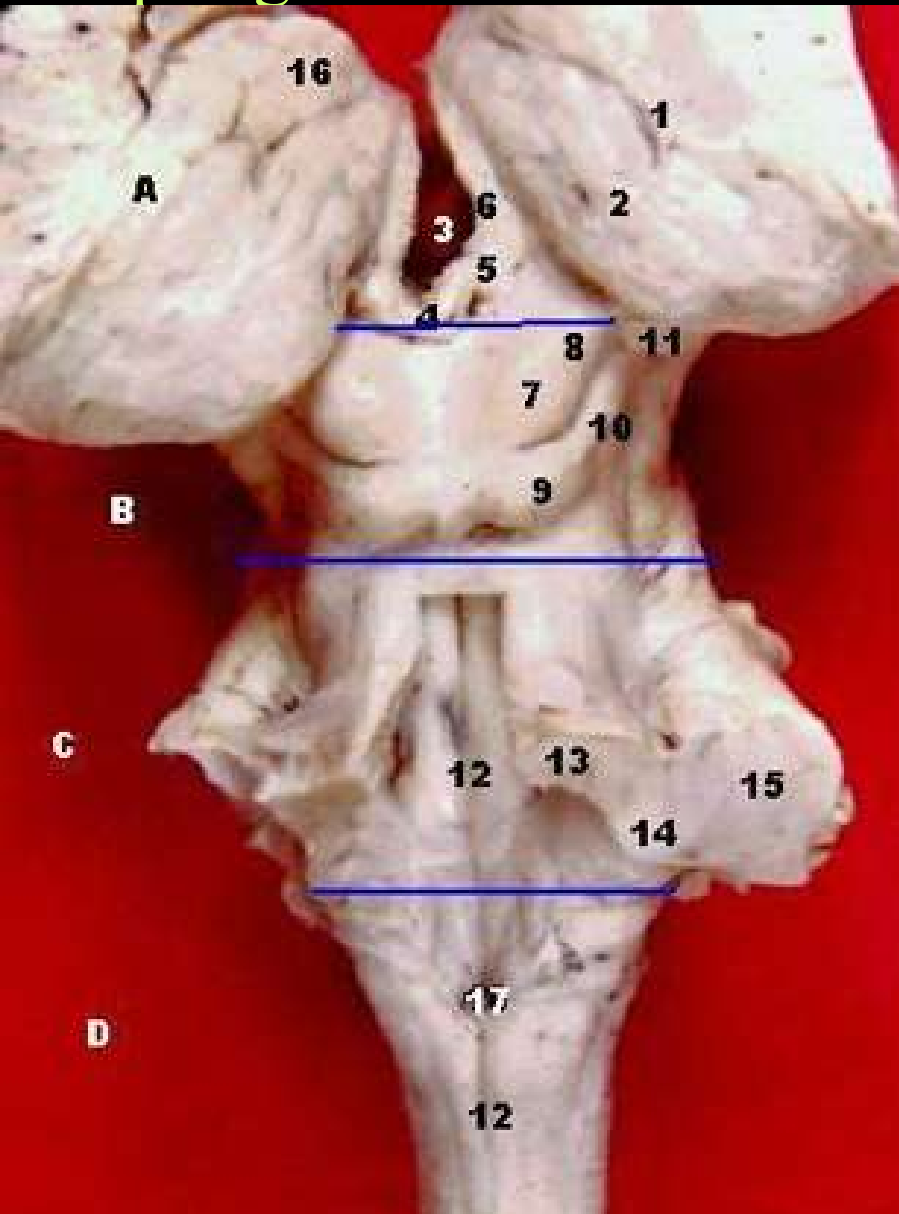
zkřížená vlákna do 1.,
4., 6.

nezkřížená vlákna do
2., 3., 5.

1. a 2. vrstva =
magnocelulární – projikují
sem gangl. buňky Y (10
%)

3. – 6. vrstva =
parvocelulární – projikují
sem gangl. buň. X (80%)

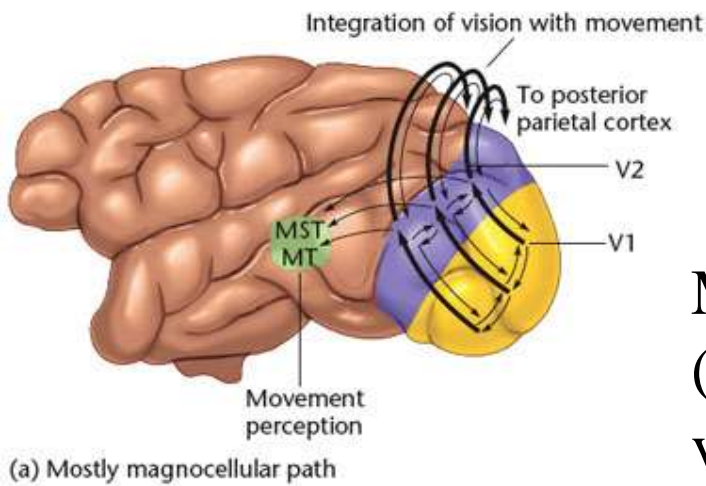
Corpus geniculatum lateral



Analýza viděného: tvar, barva, pohyb a umístění v prostoru. Okcipitální, temporální i parietální lalok... asi 20 retinotopických map.

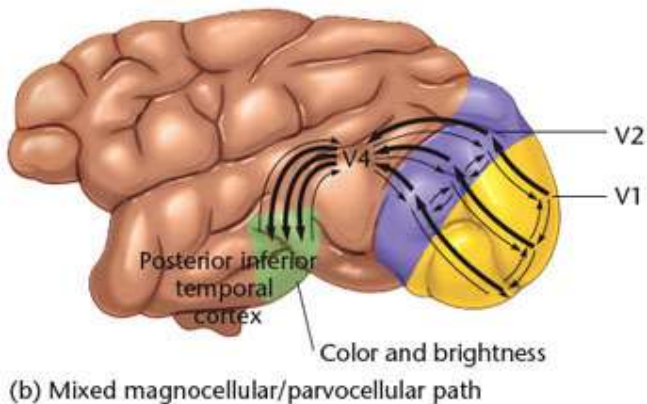
System magnocelulárních drah k analýze pohybu v prostoru, hrubého tvaru a kontrastu. Je relativně necitlivý na barvu.

System parvocelulárních drah pro detekci detailů a přesného tvaru nehybných objektů, má vysokou rozlišovací schopnost. Vnímá barvy.

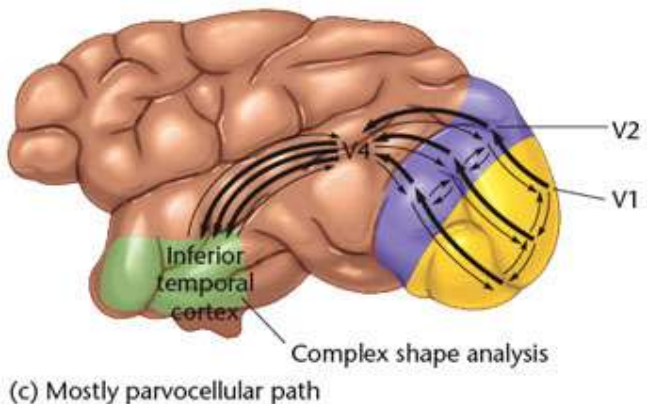


V1 – jednoduchá, retinotopická, vnímání orientace objektu a pohyb

MST – V5, pohyb objektů, stereovidění (binokulární + monokulární – zmenšující se velikost a méně detailů)... pohyb očí



V2 - orientace, prostorová frekvence a barva



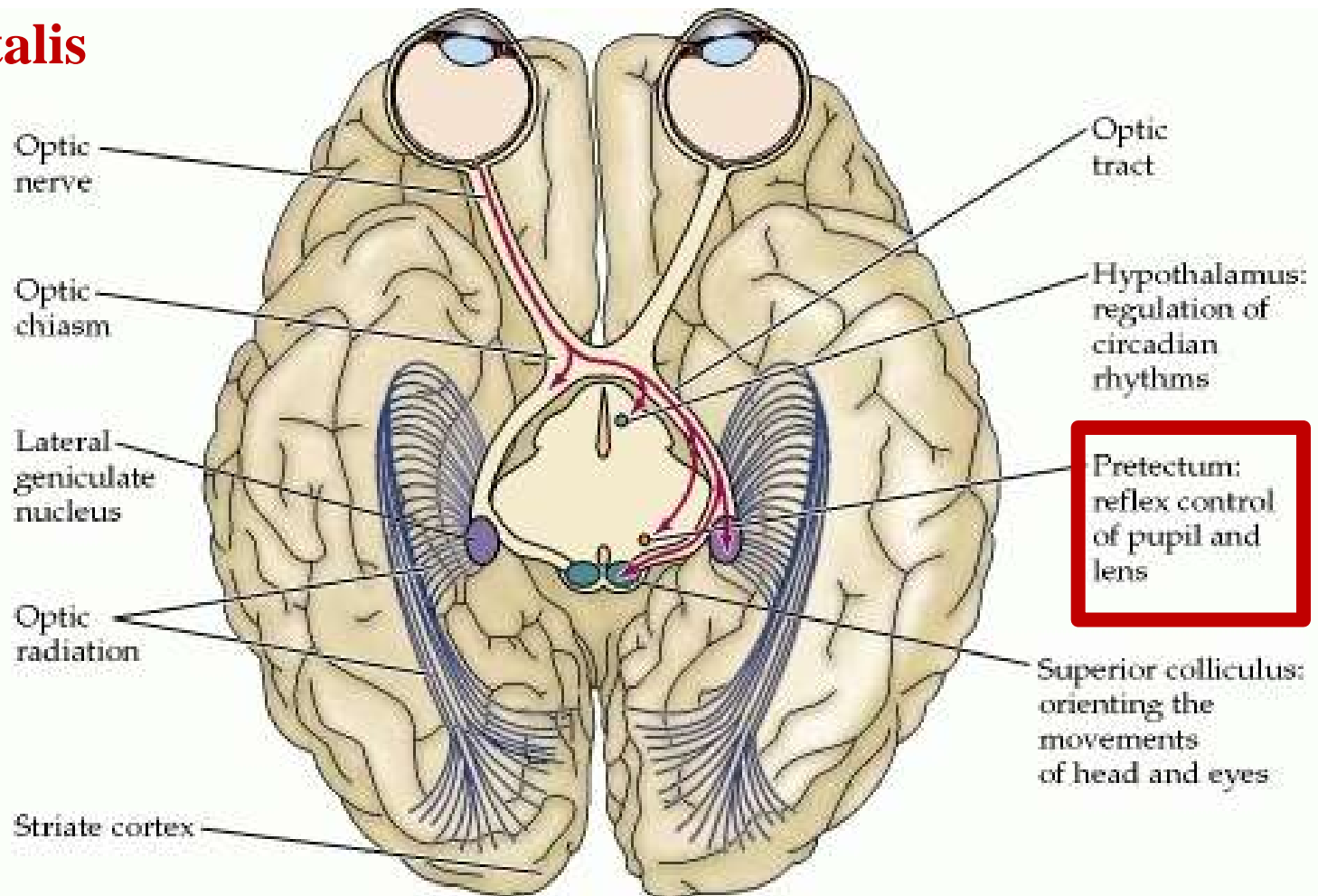
V4 – vnímání barvy

Odbočky zrakové dráhy

Retina projikuje do čtyř částí mozku:

- 1) **corpus geniculatum laterale**
- 2) colliculus superior
- 3) hypothalamus
- 4) **area pretectalis**

korová slepota umožňuje reakce na podněty z očí



Odbočky ze zrakové dráhy (všechny začínají u 3.N.)

~ **Do hypothalamu:** převádí optické signály na nejvyšší vegetativní centra (vidění jídla = slinění)

~ **Dráhy pupillárního reflexu:**

Miosa : přes area pretectalis k n. III (*EW*) - ganglion ciliare - nn. ciliares breves - m. ciliaris et m. sphincter pupillae (**akomodace** = totéž, jen z AP přes ncl. interstitialis Cajali)

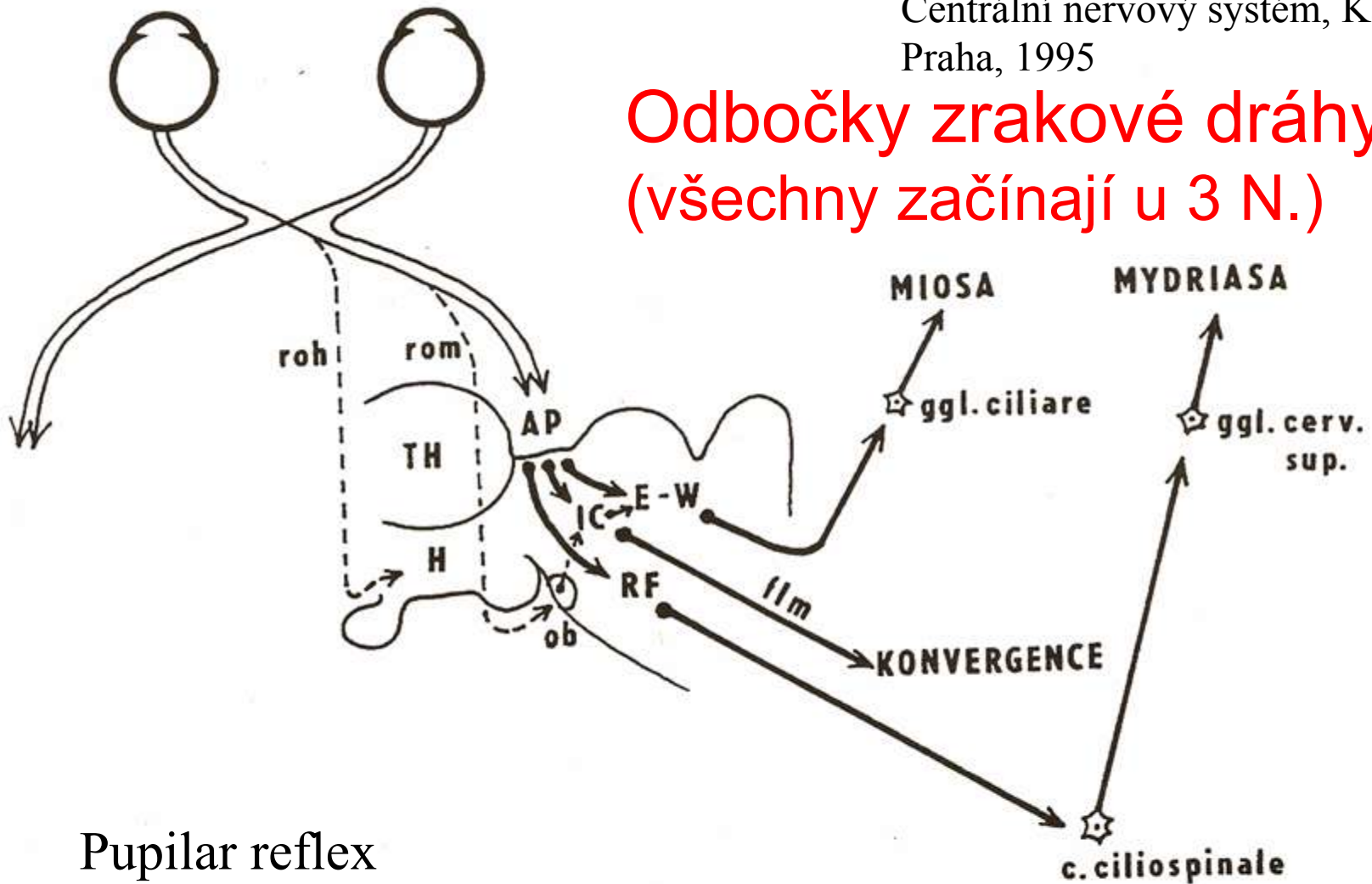
Mydriasa: přes AP do retikulární formace: tractus reticulospinalis - centrum ciliospinale C8-Th1 - ganglion cervicale superius - plexus caroticus internus et ophtalmicus - nn. ciliares breves - m. dilatator pupillae

Konvergence: přes AP do ncl. Cajali - FLM - jádra okohybných nervů

~ **Tektální zrakový okruh** – tr. tectospin., - nuclearis, - interstitialis, crbl (řízení souhybů očí, hlavy a krku směrem ke zrakovým podnětům a ke koordinaci s celkovými pohyby těla)

~ **Do pulvinar Th:** koordinace zrakových vjemů se senzitivními

Odbočky zrakové dráhy (všechny začínají u 3 N.)



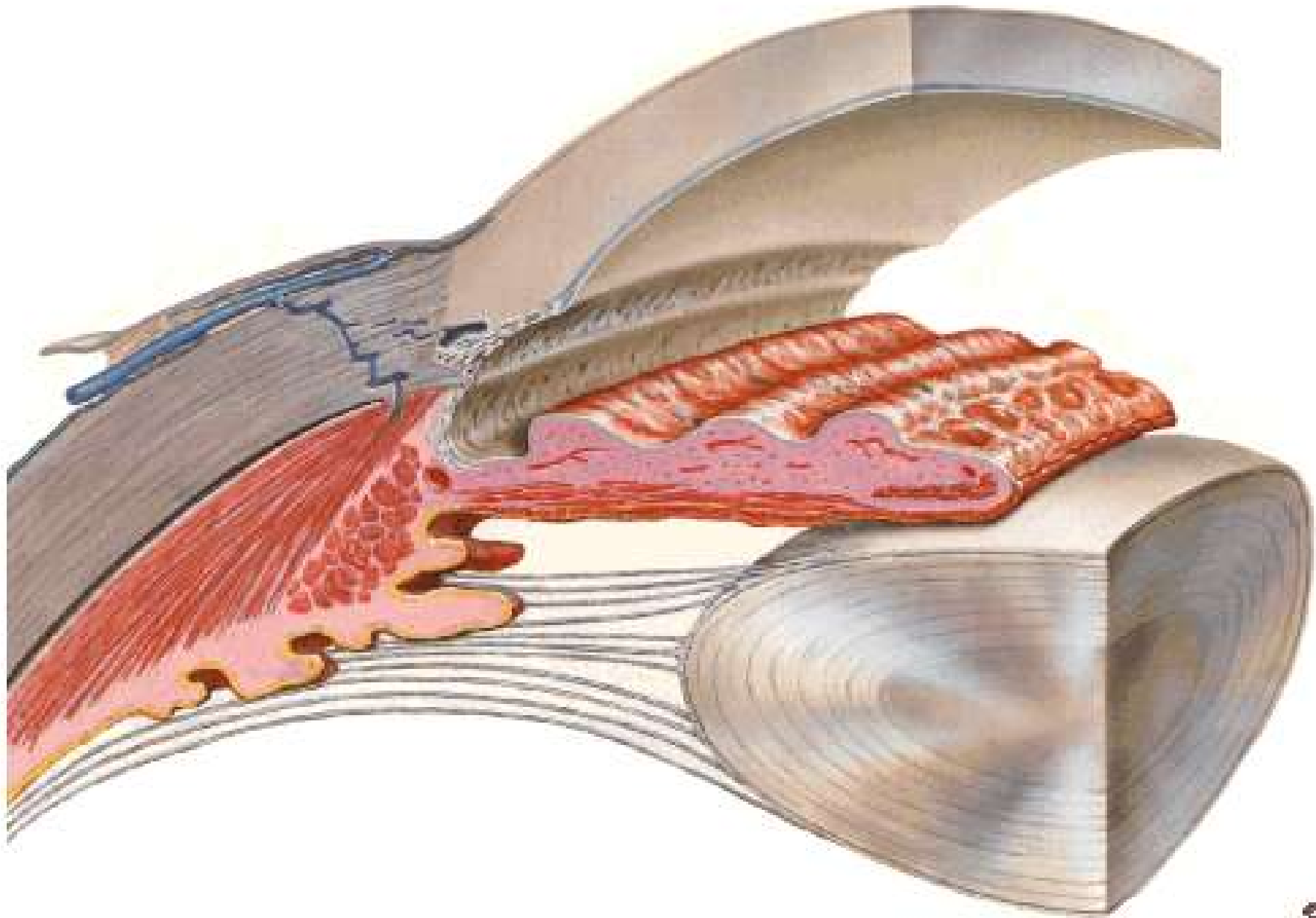
Pupilar reflex

Obr. 104.: Schema drah pupillárního reflexu.

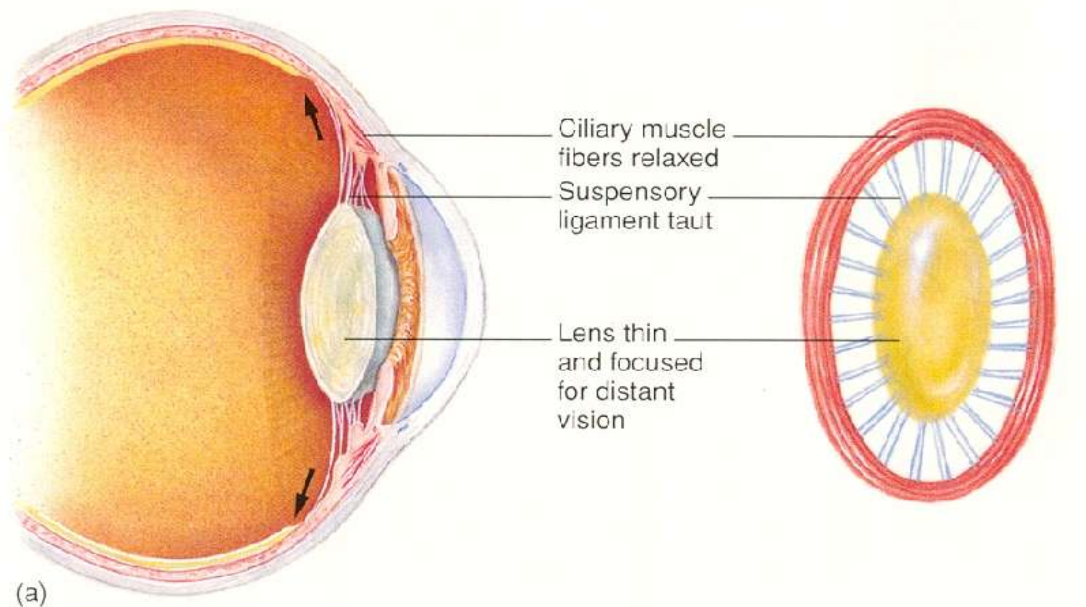
AP – area preectalis,
E-W – Edinger-Westphalovo jádro (III.),
flm – fasc. longitudinalis medialis,
H – hypothalamus,
IC – ncl. interstitialis Cajali,

ob – ncl. opticus basalis,
RF – retikulární formace,
roh – radix optica hypothalamica,
rom – radix optica mesencephalica,
TH – thalamus.

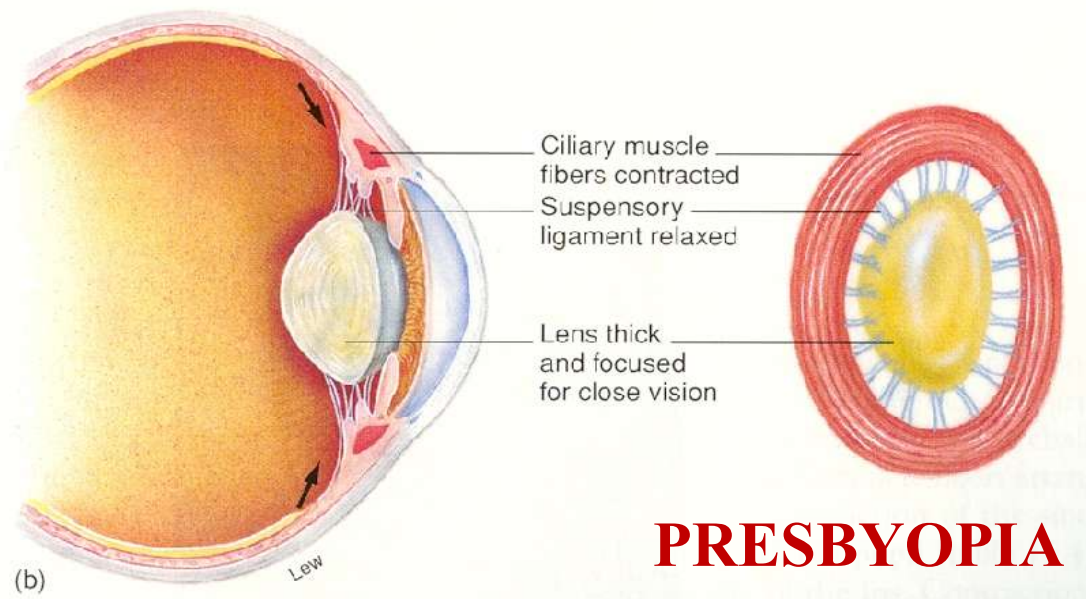
m. ciliaris



Funkce – akomodace, produkce komorové tekutiny

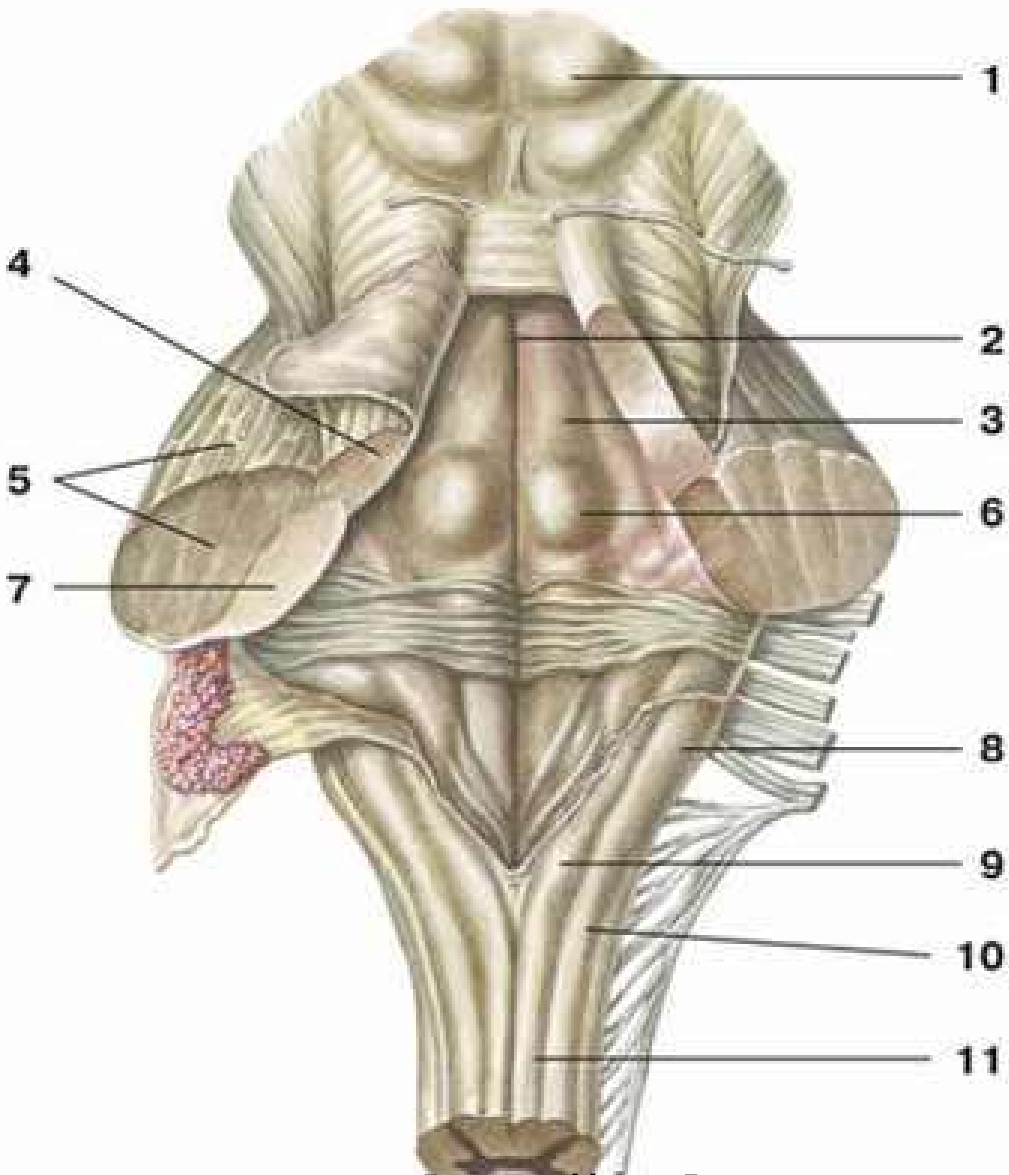


pohled do dálky,
sval je povolný

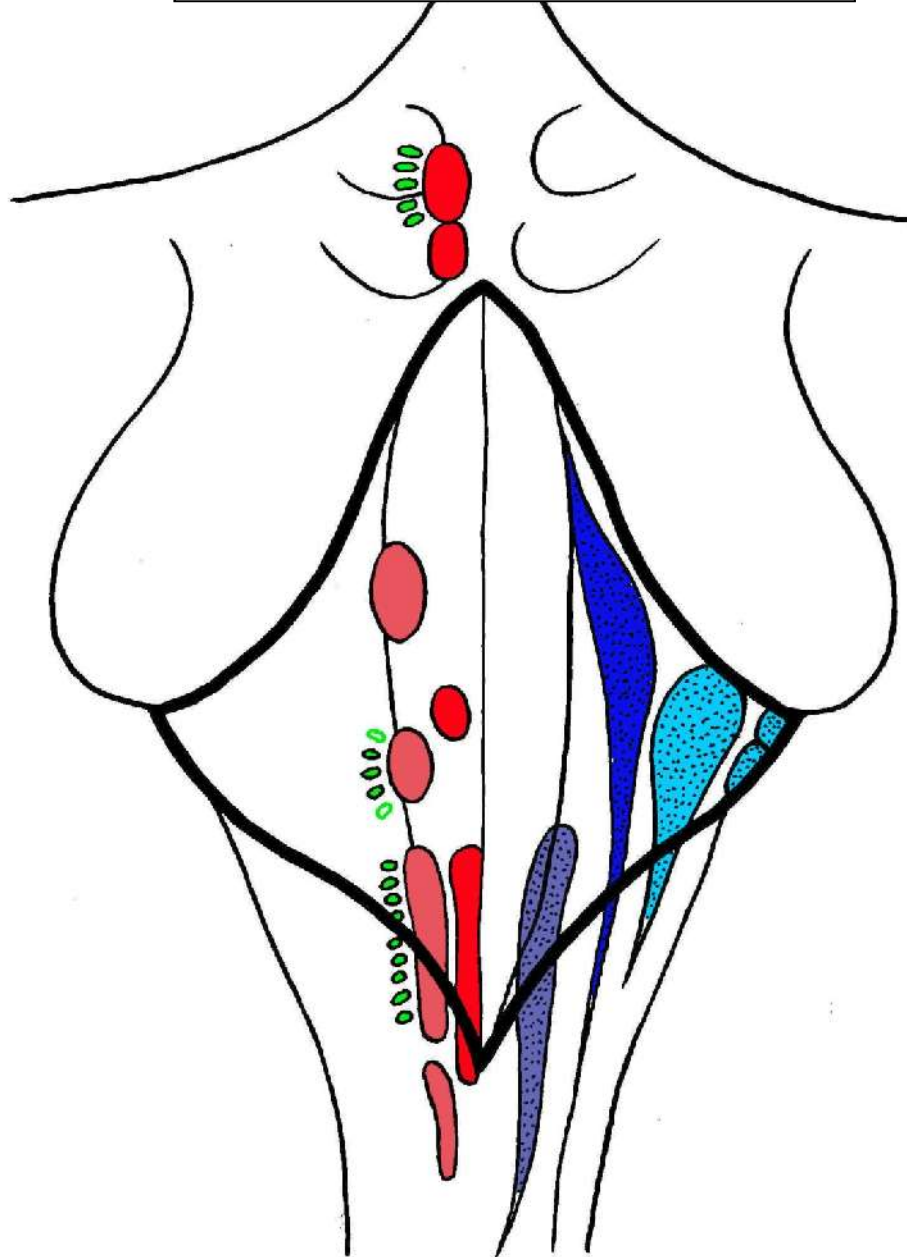


pohled do blízka,
sval je smrštěný

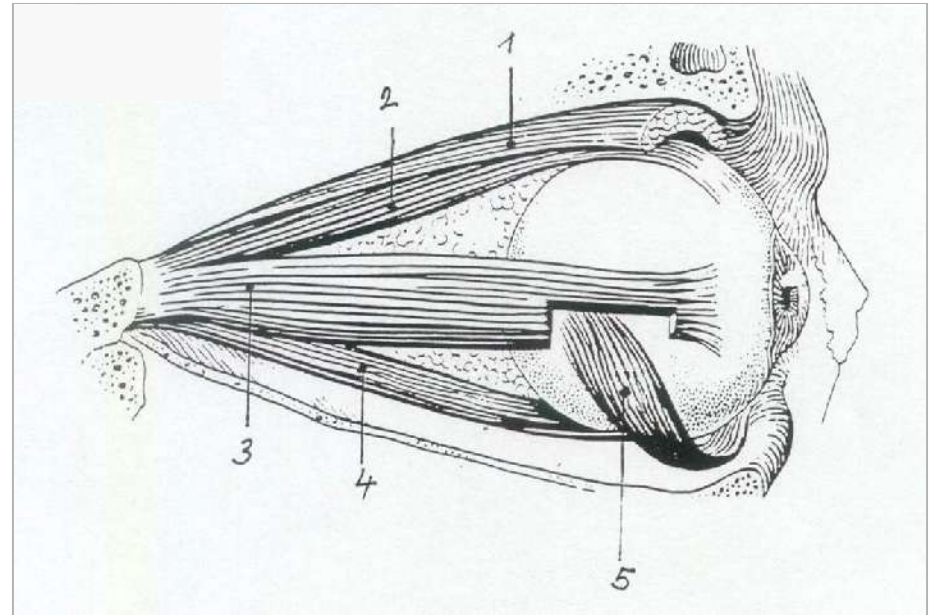
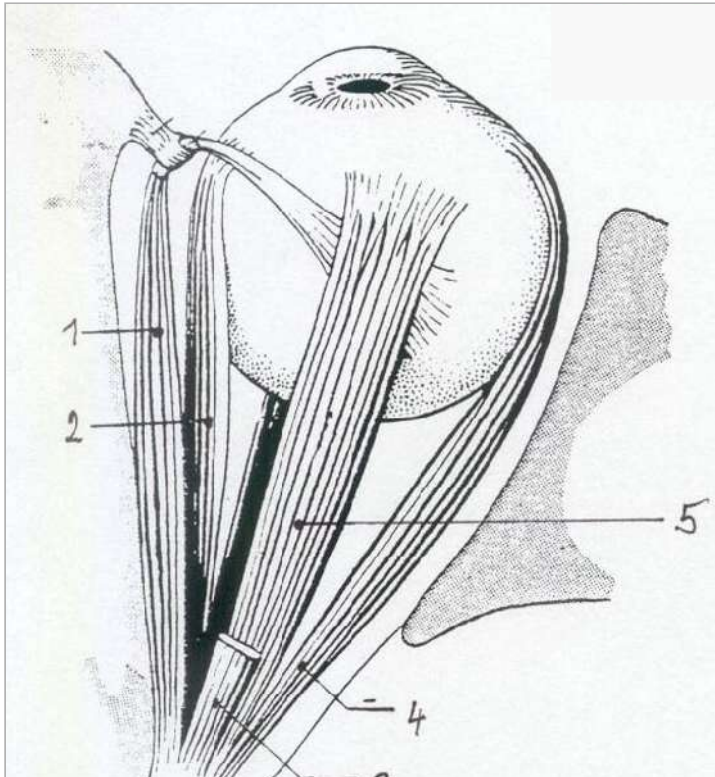
PRESBYOPIA



Cranial nerve nuclei



OČNICOVÉ SVALY



*3 hlavové nervy
jemný pohyb
saccadický pohyb*

m. levator palpebrae superioris

m. **rectus** bulbi superior, inferior, lateralis, medialis

m. **obliquus** inferior, superior

OČNICOVÉ SVALY

Superior oblique muscle

Superior rectus muscle

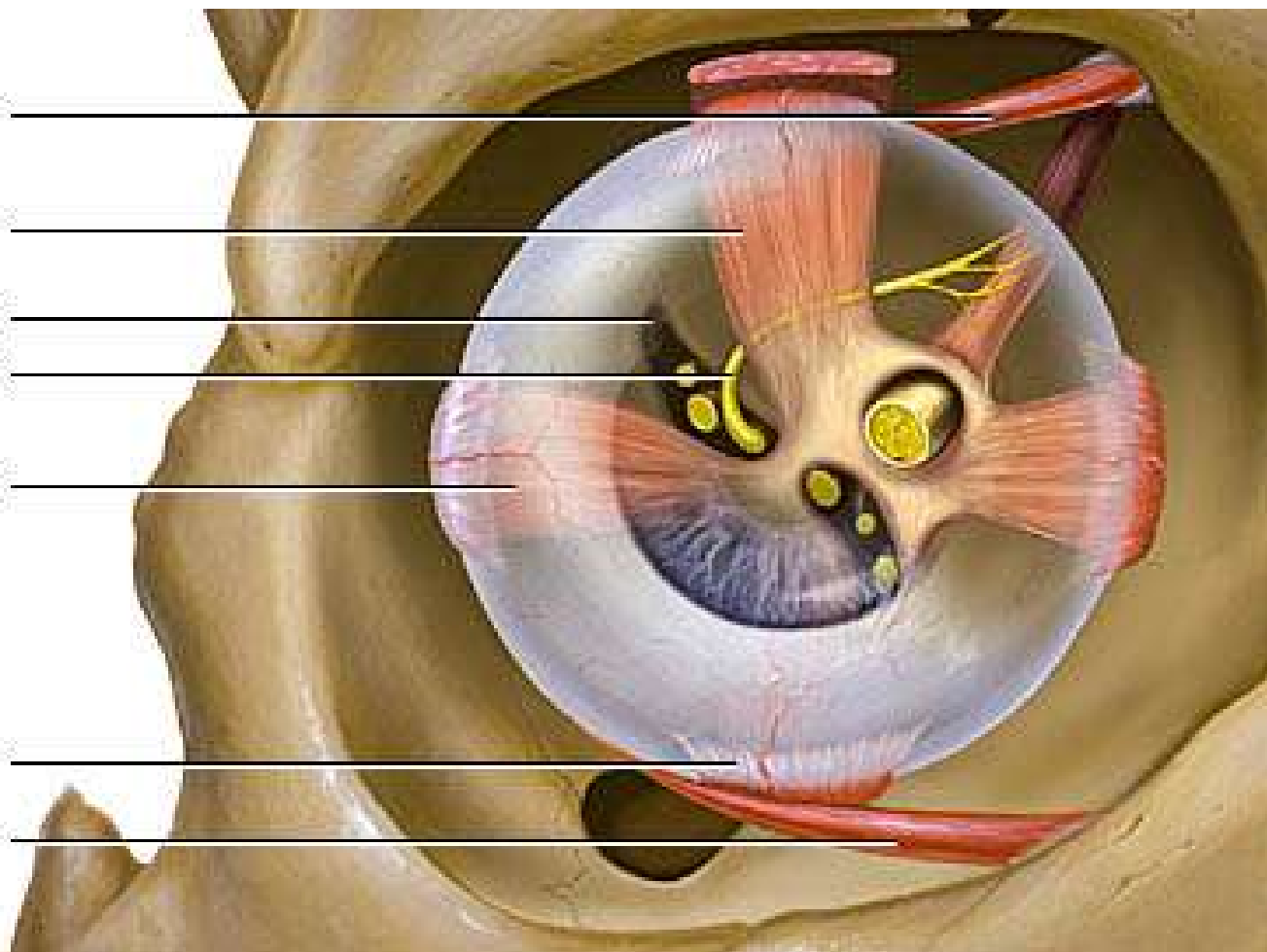
Superior orbital fissure

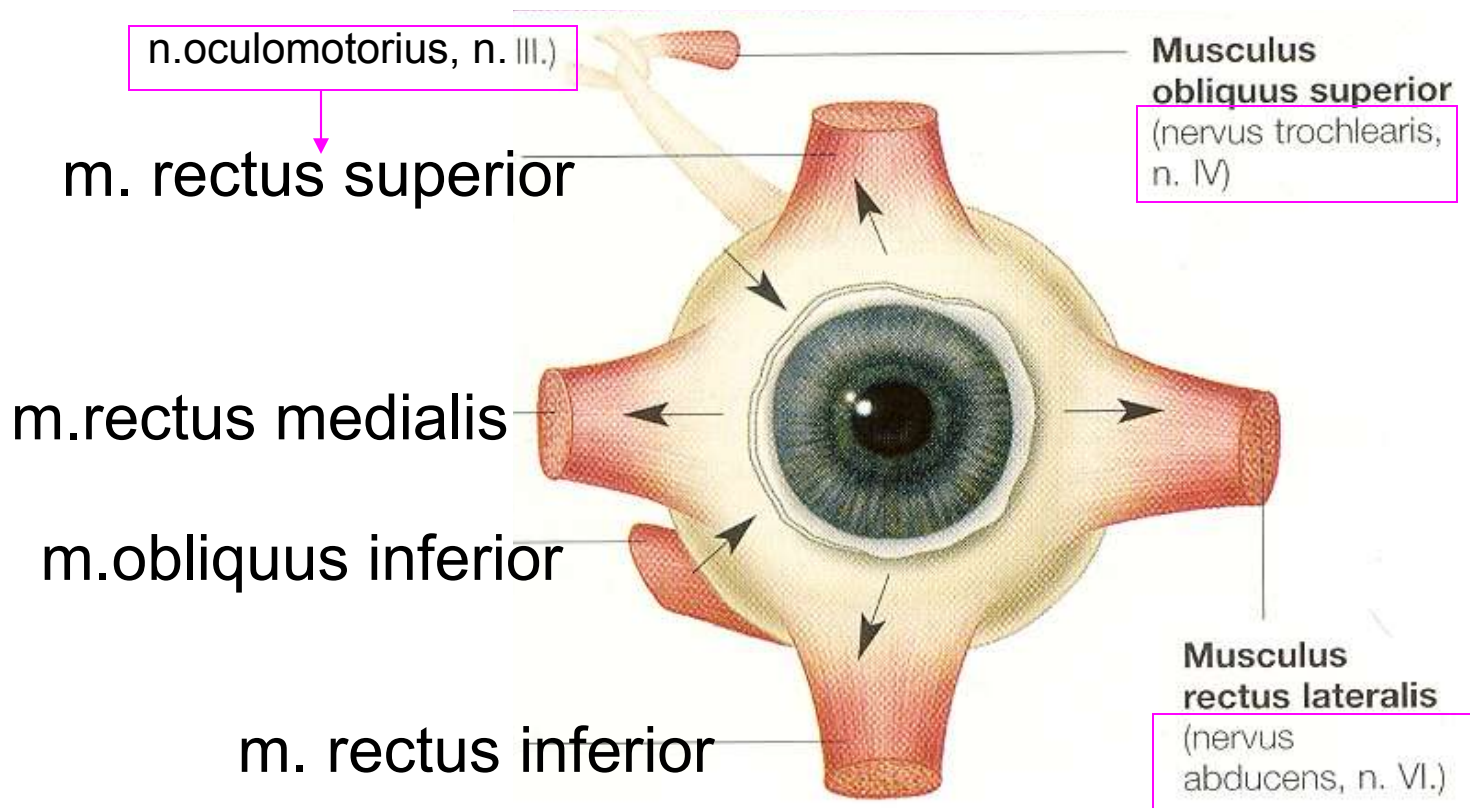
Trochlear nerve

Lateral rectus muscle

Inferior rectus muscle

Inferior oblique muscle



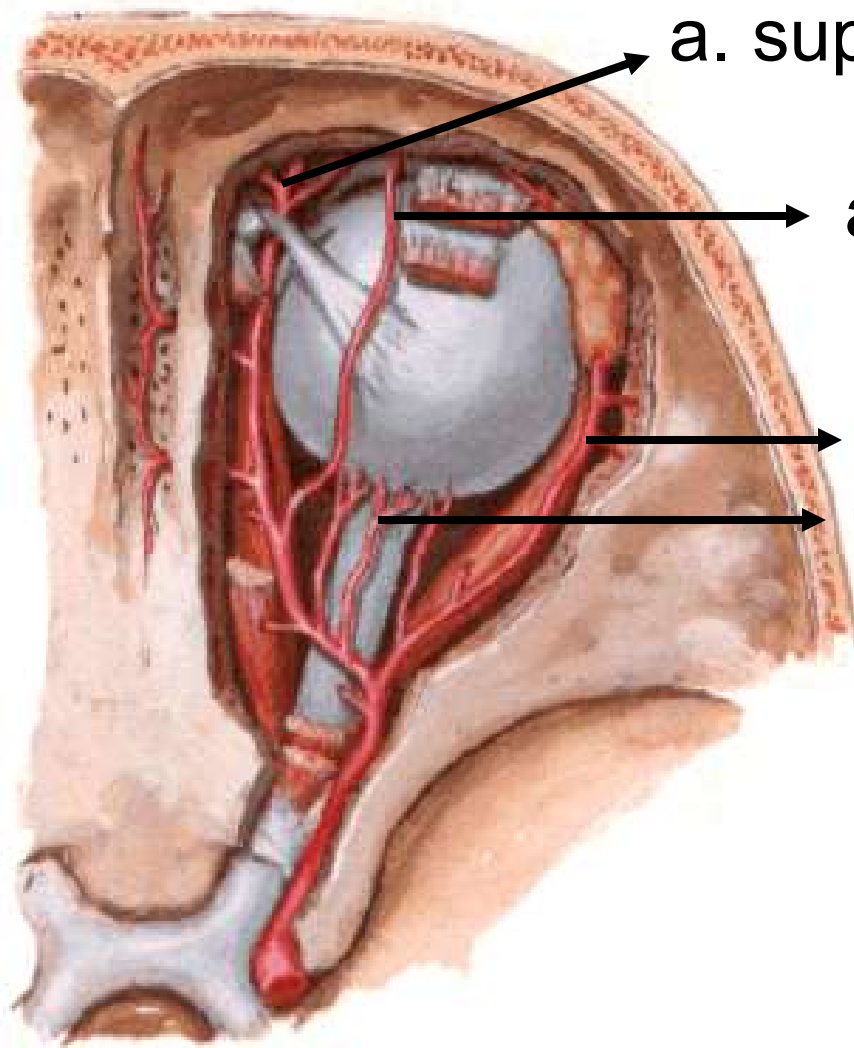


Strabismus !!!

Strabismus



TEPNY OČNICE (A.OPHTHALMICA)



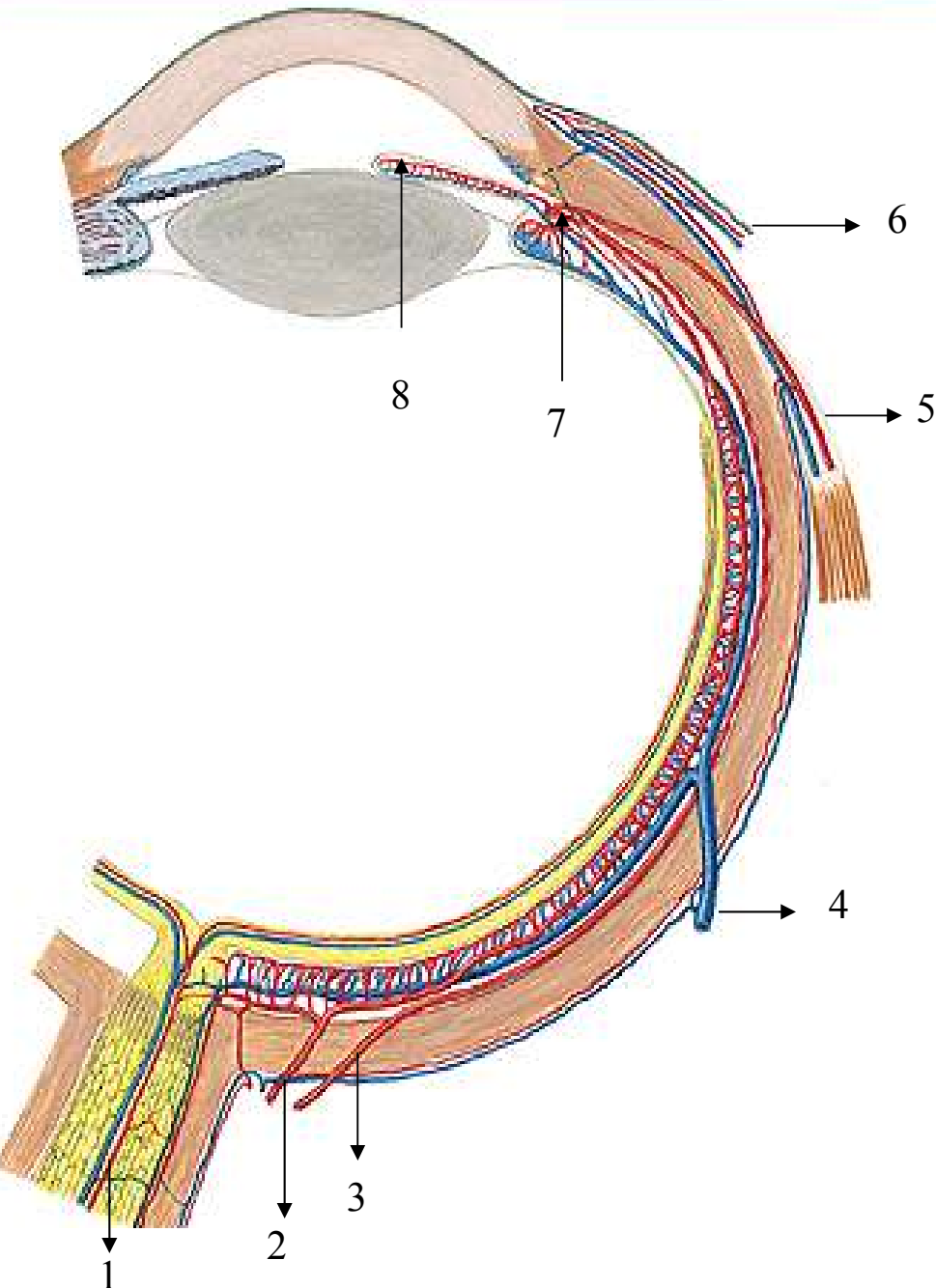
a. supratrochlearis

a. supraorbitalis

a. lacrimalis

aa. ciliares post. breves
et longae

TEPNY OKA



1 a. centralis retinae

2 a. ciliaris post. brevis

3 a. ciliaris post. longa

4 v. vorticosa

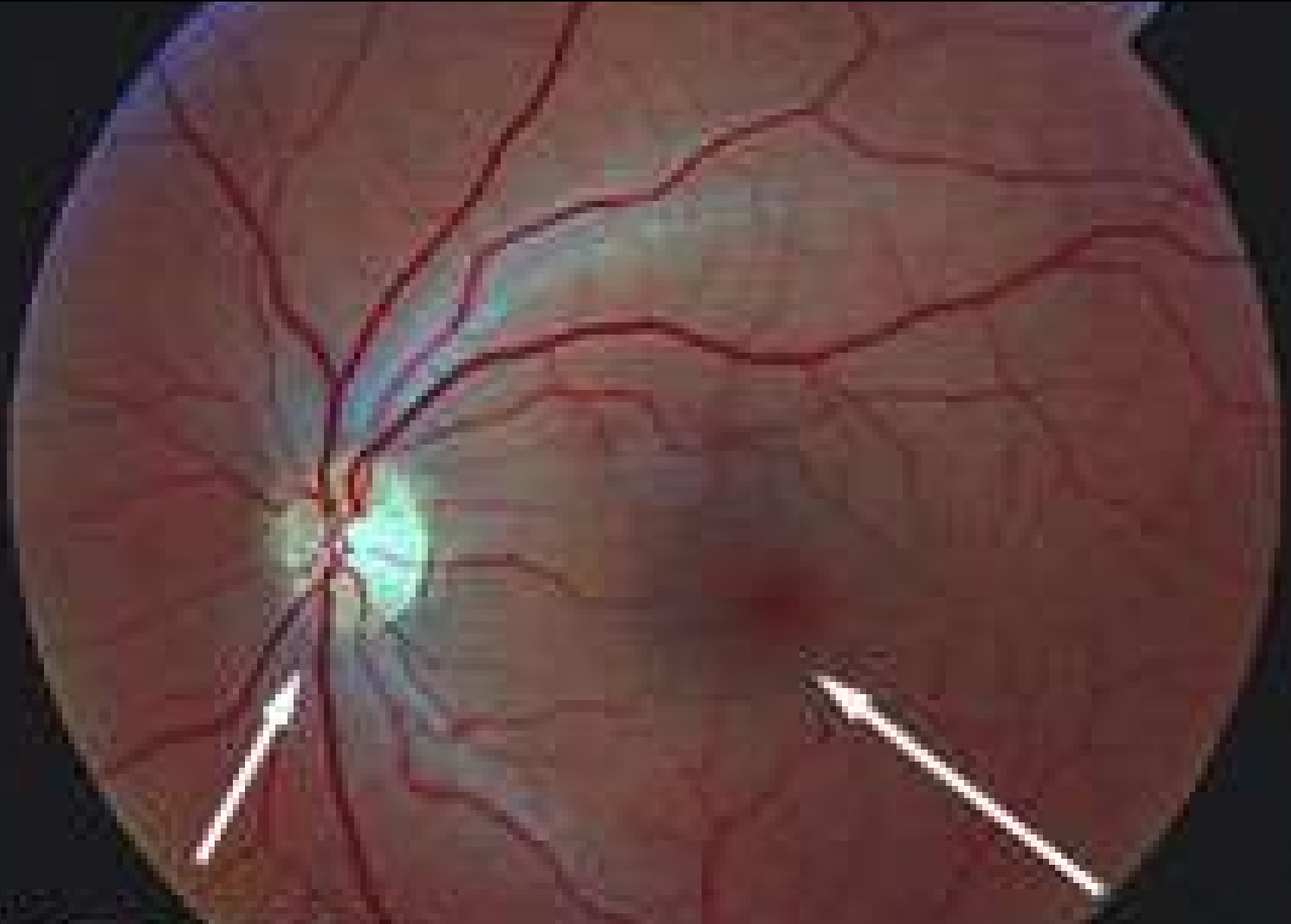
5 a. ciliaris ant., z ní a. episcleralis

6 a. conjunctivalis anterior

7 circulus arteriosus iridis major

8 circulus arteriosus iridis minor

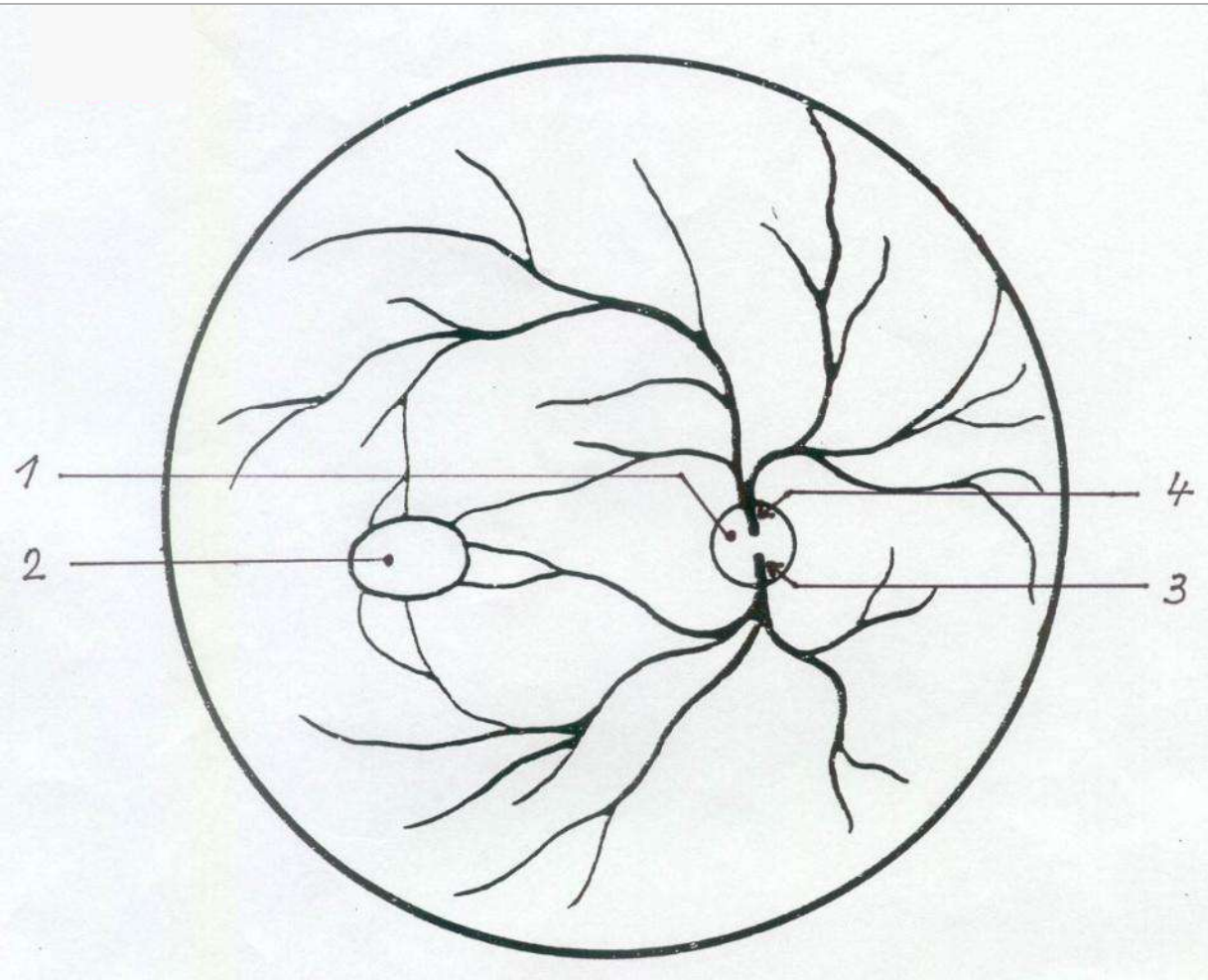
Normální ophthalmoscopický pohled očního pozadí



OPTIC NERVE

MACULA

Oční pozadí



1 discus nervi
optici

2 macula

3 dolní větev a.
centralis retinae

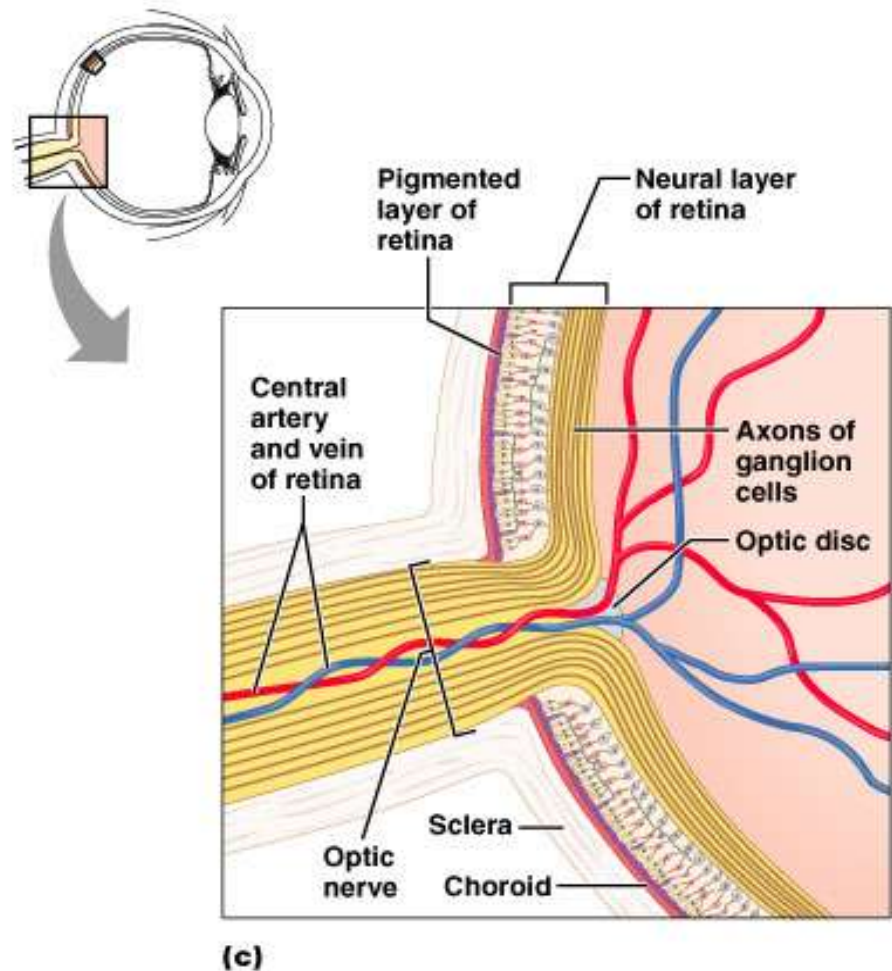
4 horní větev a.
centralis retinae

fluoroangiografie

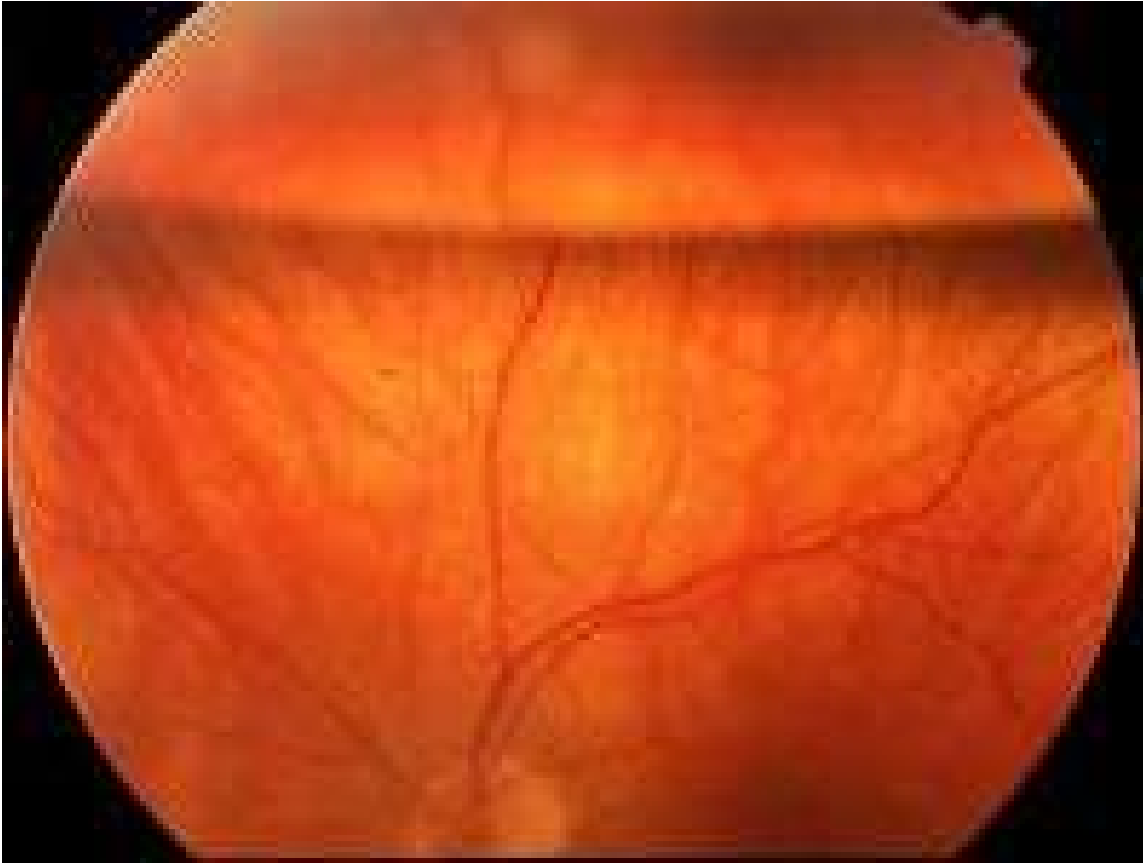


Cévní zásobení sítnice

- Retina má dva zdroje cévního zásobení
- Vnější třetina z kapilár choroidei (**odchlípení sítnice**)
- Vnitřní dvě třetiny z a.+v. centralis retinae (**okluze vede k mrtvici oka, amaurosis**)



Odchlípení sítnice, retinal amotion-detachment



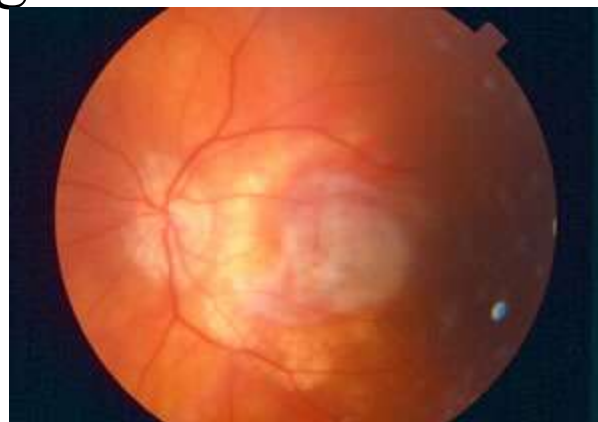
<http://www.lexum.cz/vitroretinalni-choroby.php>

Degenerace makuly

- Věkem podmíněná degenerace makuly Age-related macular degeneration (AMD)
 - Nahromadění pigmentu v sítnici



Suchá

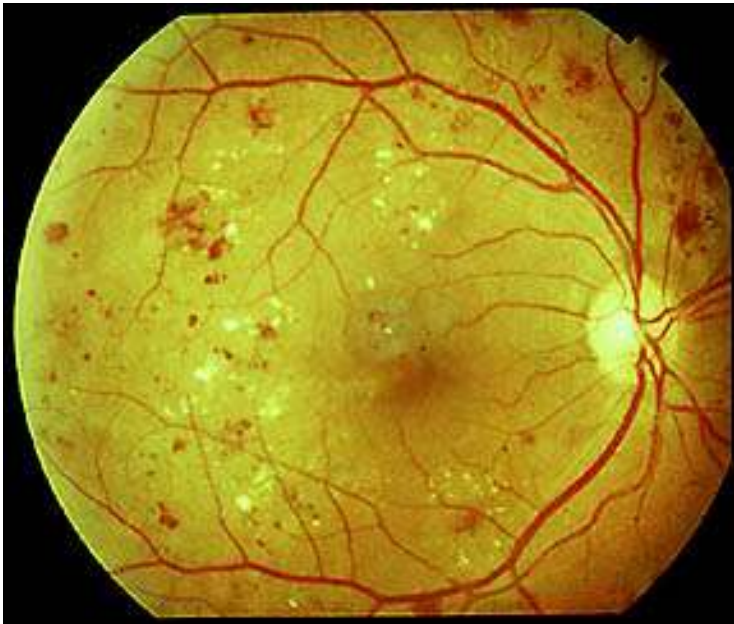


Mokrá



Retinopatie při cukrovce

- Slabé stěny cév - hemorrhagie a slepota



Trachom

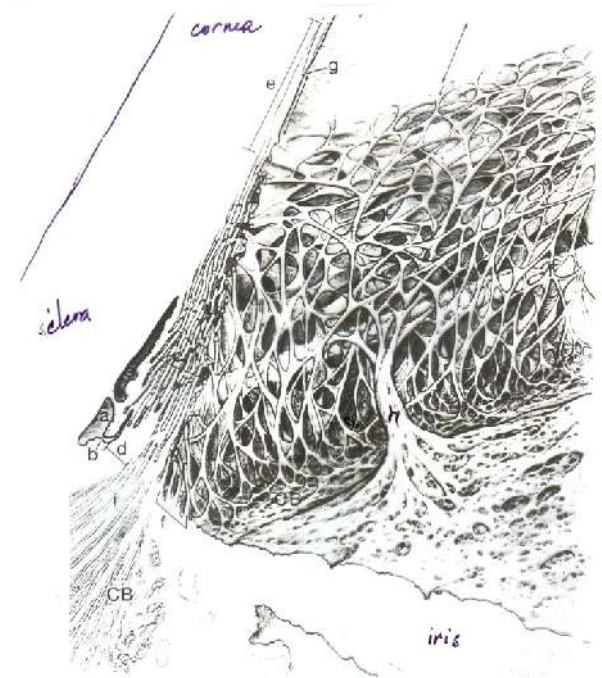
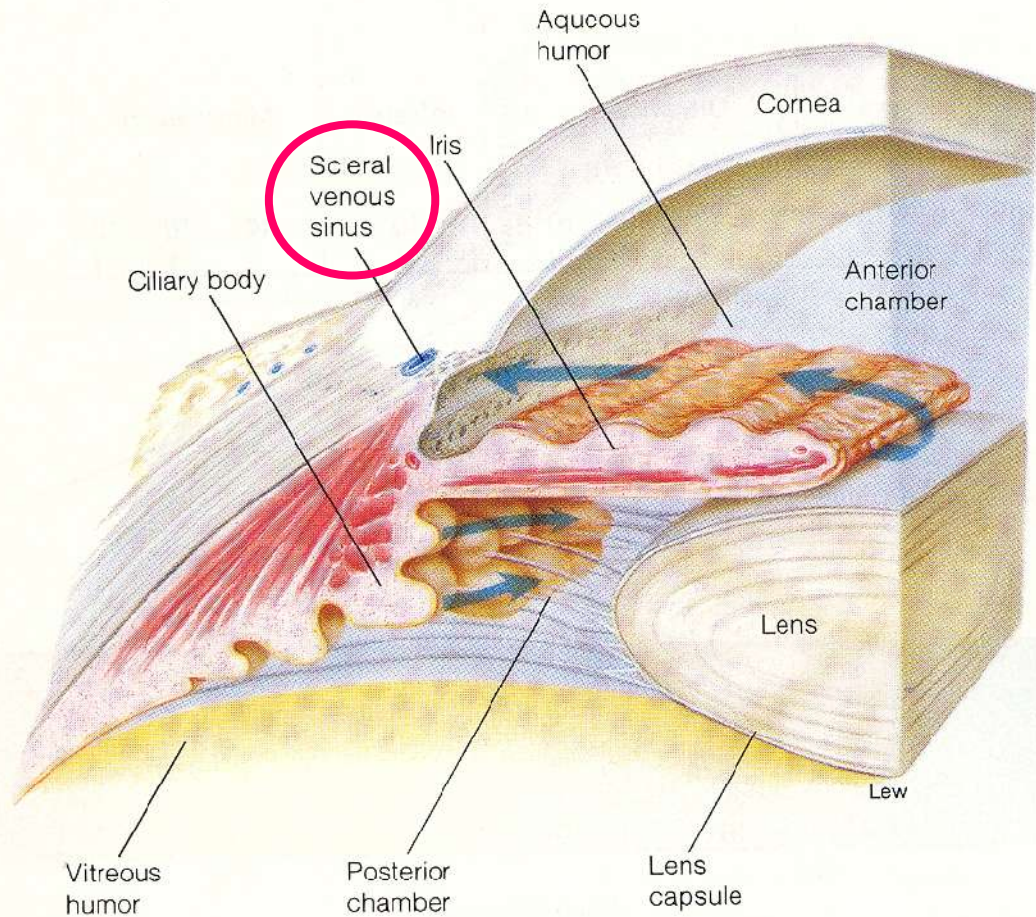
- Nakažlivá infekce spojivky v rozvojových zemích



Glaukom

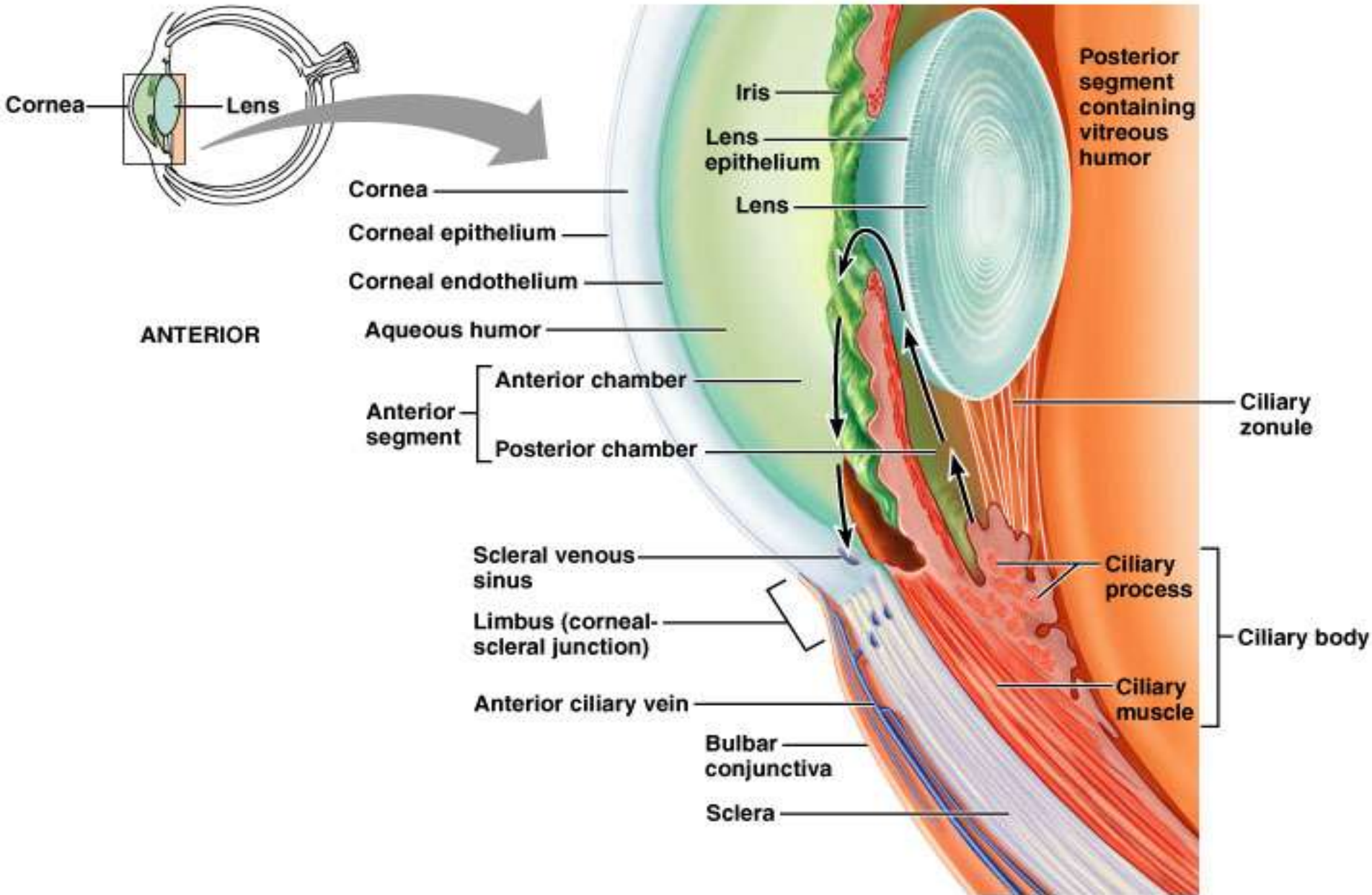


Oční komory; cirkulace komorové tekutiny; angulus iridocornealis



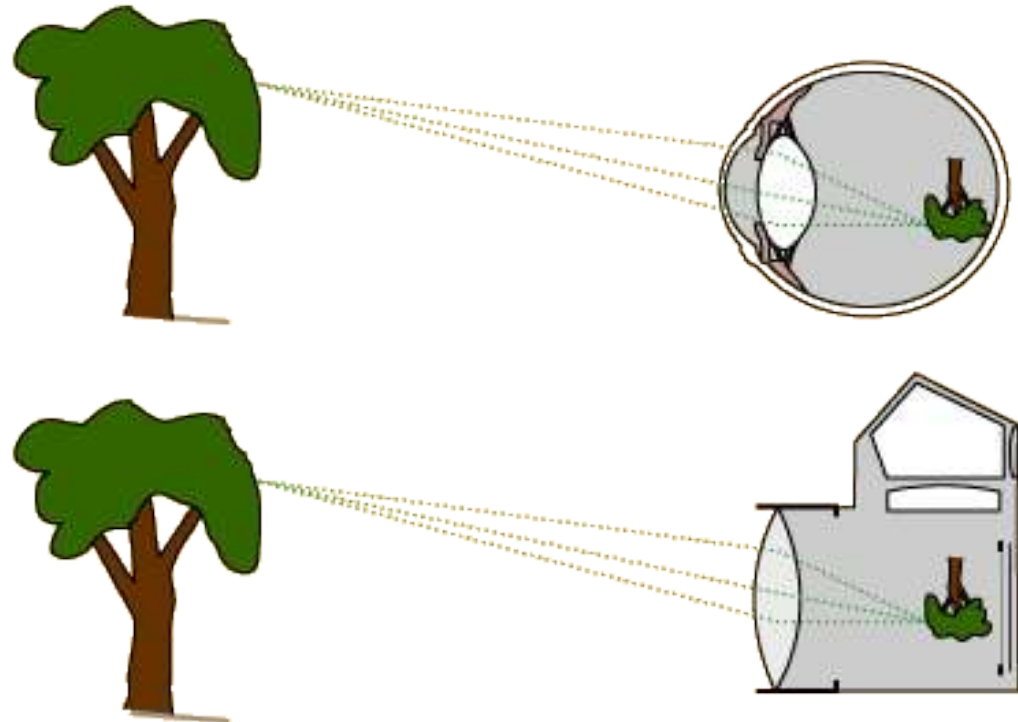
Humor aquosus – 98 % vody, NaCl, bílkoviny, sacharidy

cirkulace komorové tekutiny

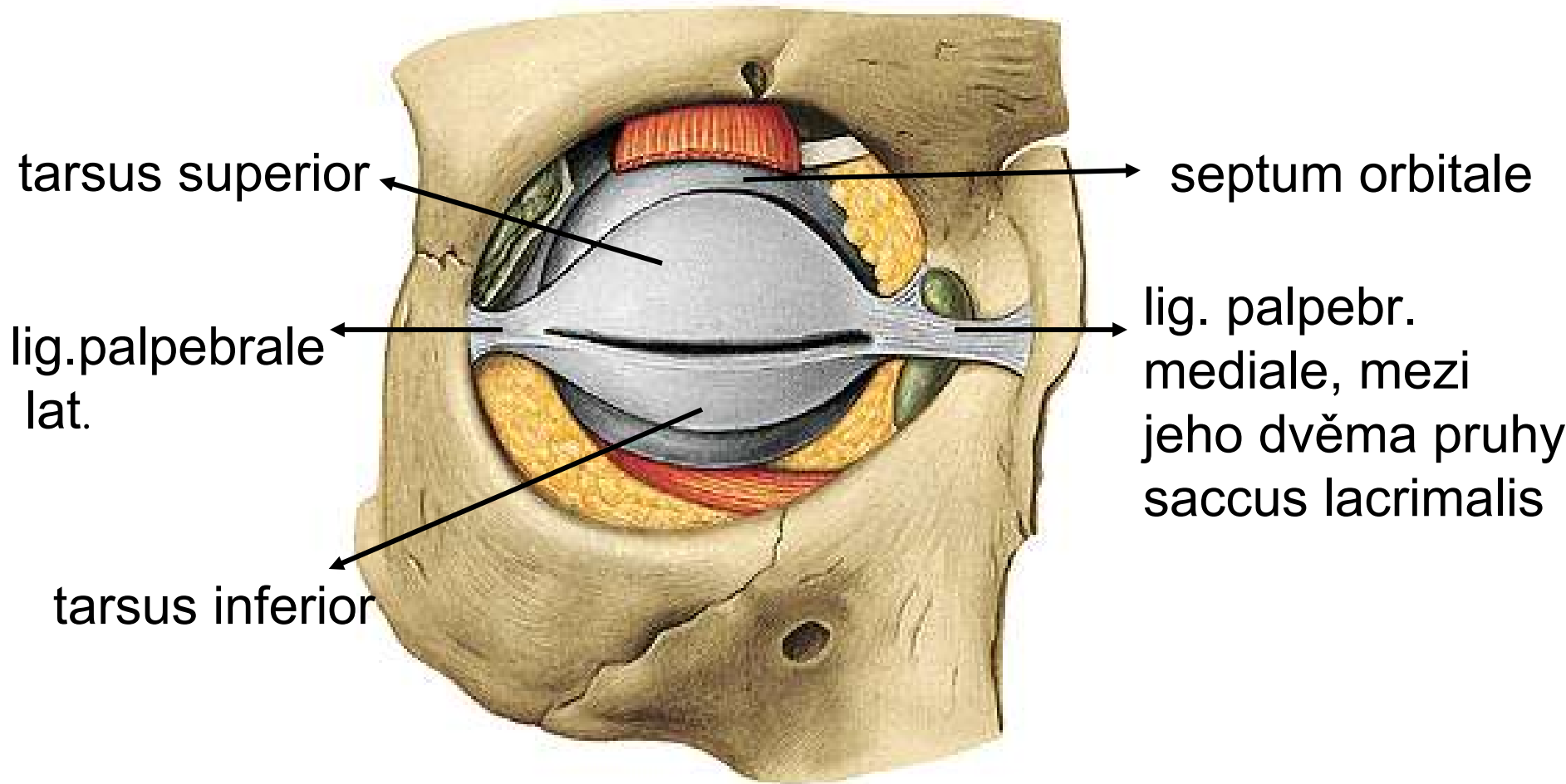


Optika oka

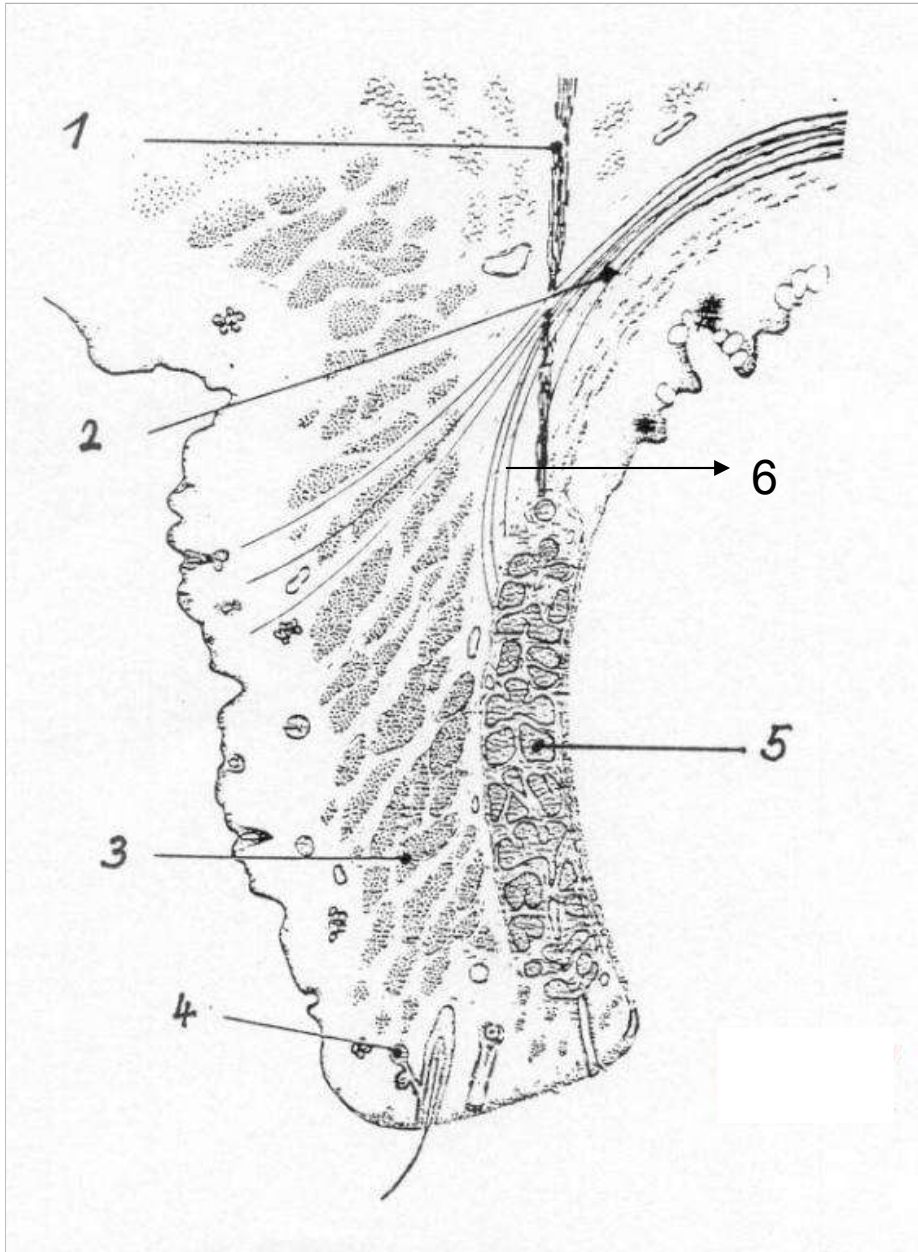
- Struktury oka (čočka, rohovka a tekutiny) ohíbají světelné paprsky
- Pro ostré vidění musí být paprsky zaostřeny na sítnici
- Akomodace – pro blízko se čočka musí více zaoblit (**feedback přes neostrost**)



PALPEBRAE, VÍČKA



Řez horním víčkem



1 septum orbitale

2 m. levator palpebrae superioris

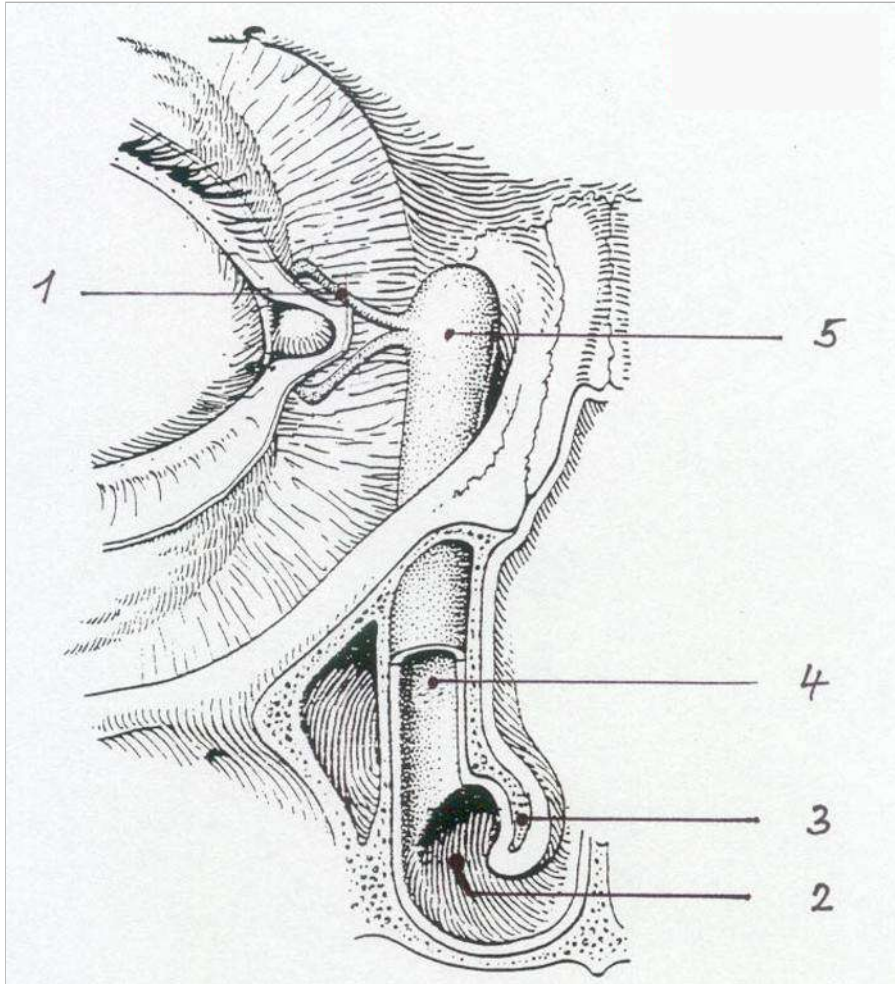
3 m. orbicularis oculi

4 glandula sebacea

5 tarsální ploténka s glandulae tarsales

6 m. tarsalis superior (sympat.)

APPARATUS LACRIMALIA SLZNÝ APARÁT



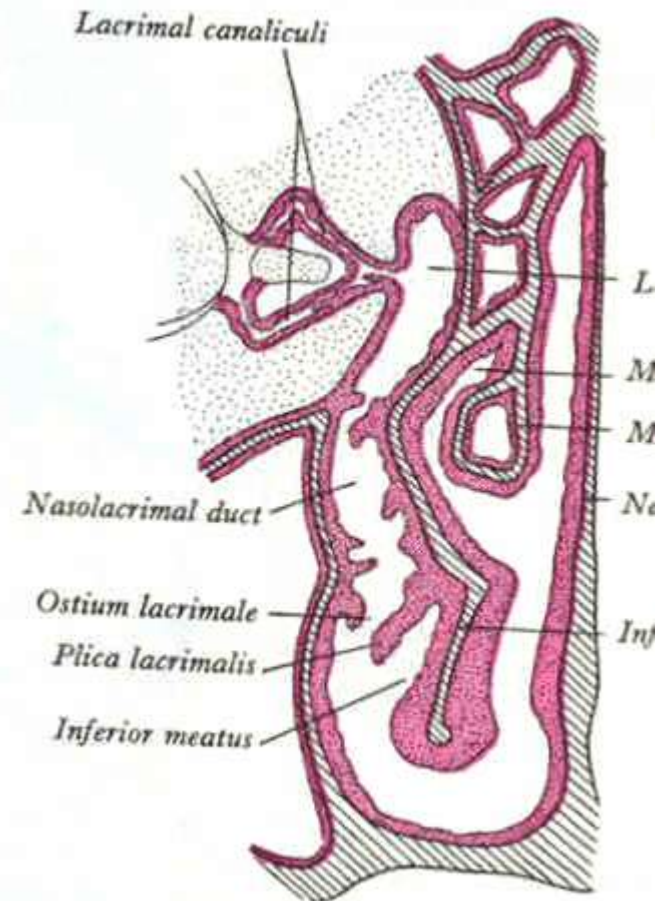
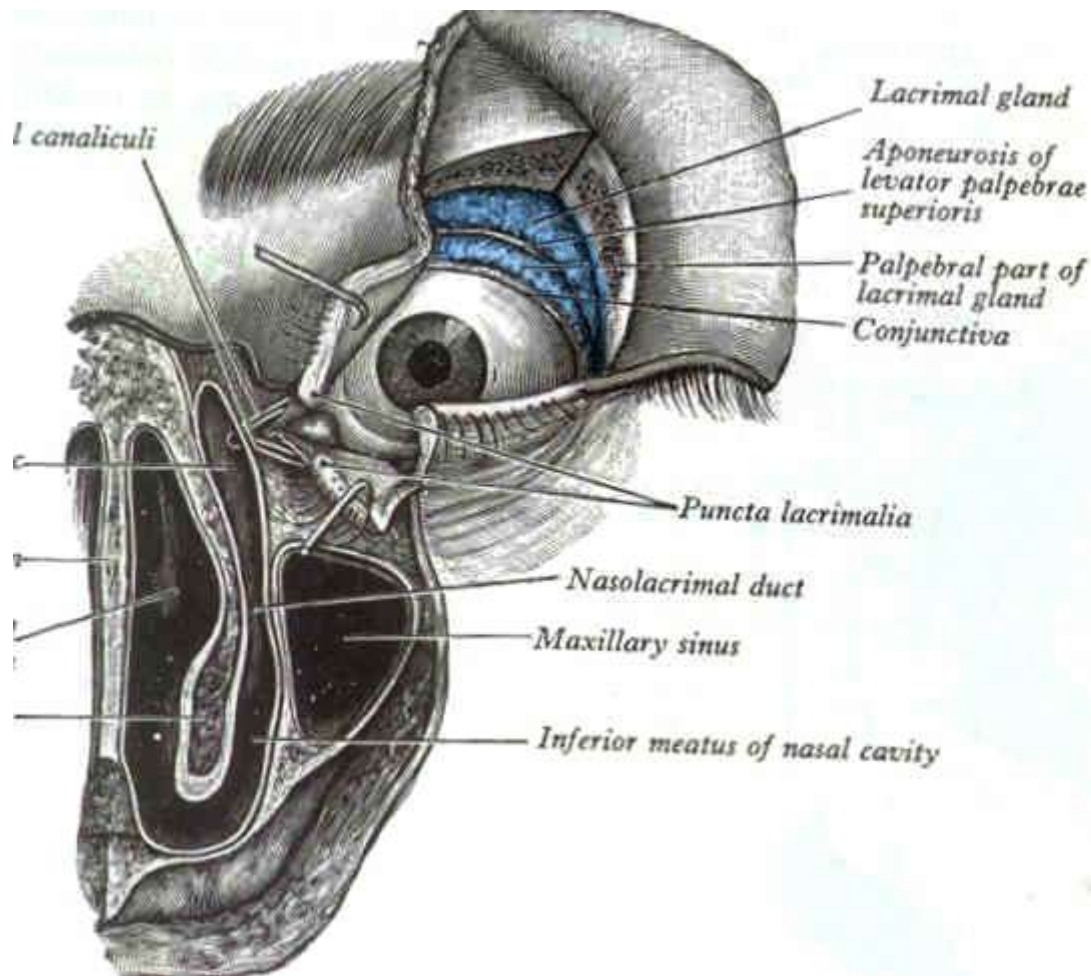
1 canaliculi lacrimales

5 saccus lacrimalis

4 ductus
nasolacrimalis

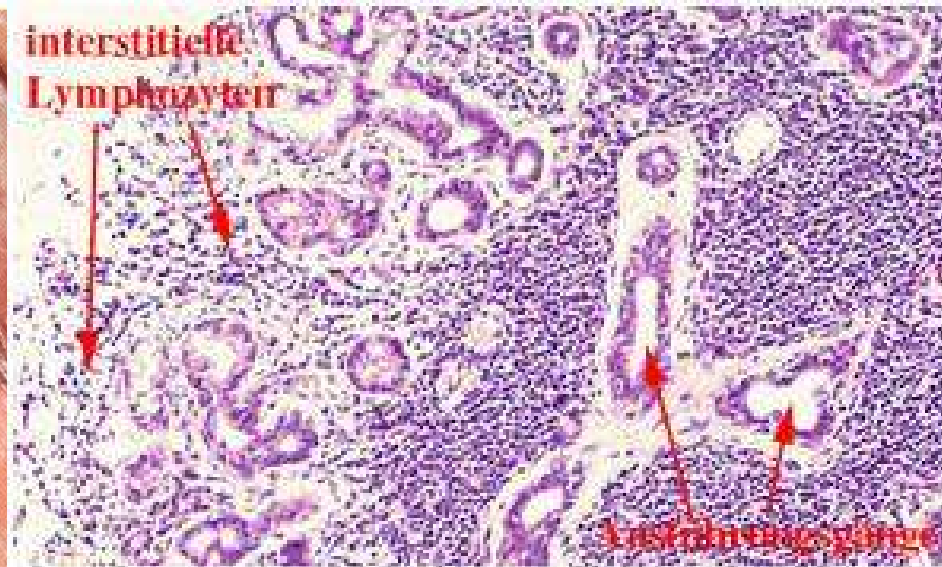
slzný film, rohovka a spojivka vlhká, kyslík, nepravidelnosti
vyrovnány, lysozym a protilátky

Slzná žláza a slzné cesty



klinické využití

Sjögrenův syndrom, keratoconjunctivitis sicca
nedostatečná tvorba slz **XEROPHTALMIA**



Lippenspeicheldrüse: Periduktale
und interstitielle lymphozytäre
Infiltrate bei Sjögren-Syndrom.

<http://edoc.hu-berlin.de>

Corneal reflex

Nasociliary branch of the ophthalmic branch (V1) of the 5th cranial nerve (trigeminal nerve) sensing the stimulus on the cornea, lid, or conjunctiva

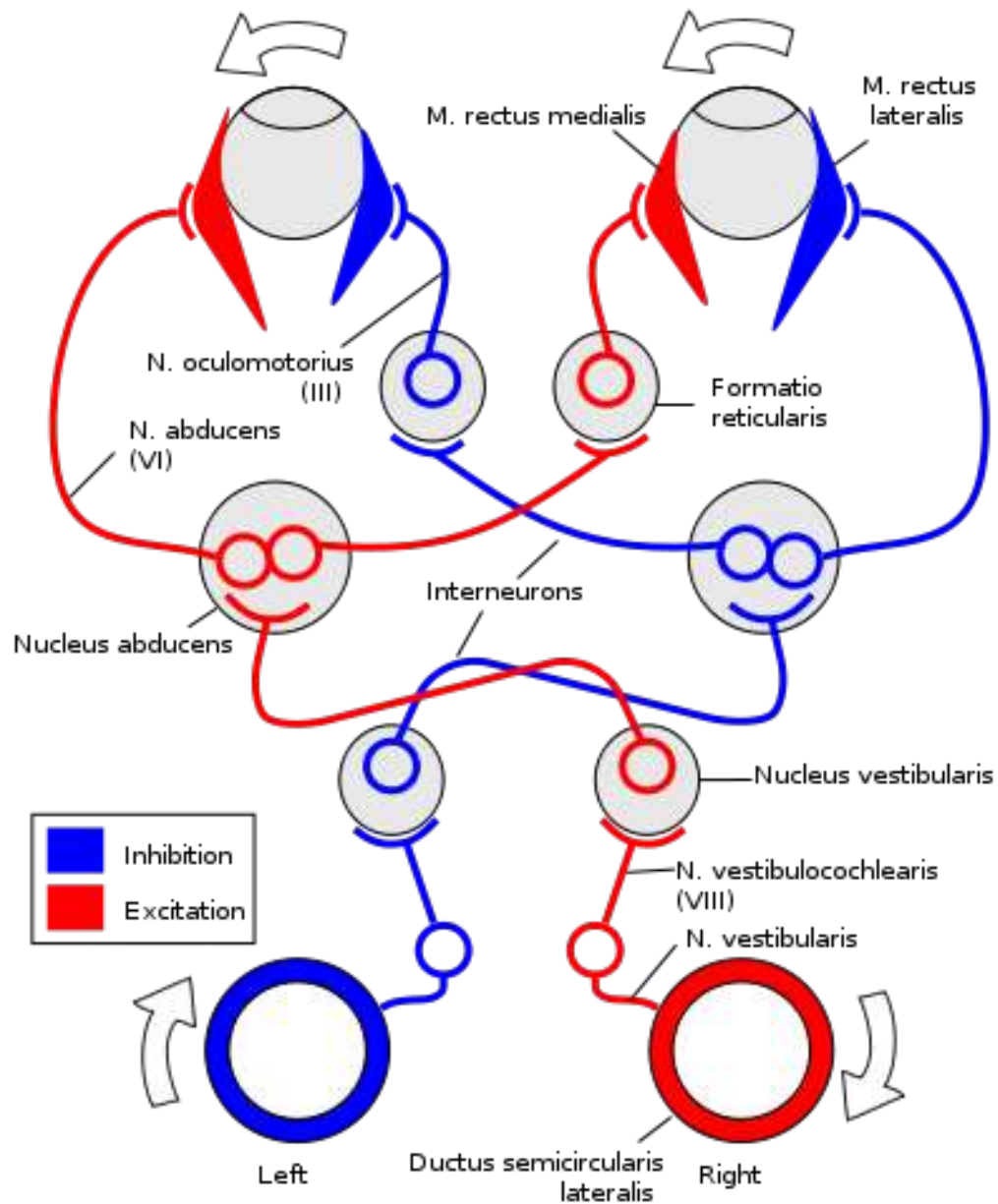
7th cranial nerve (Facial nerve) initiating the motor response (i.e. it is the efferent)

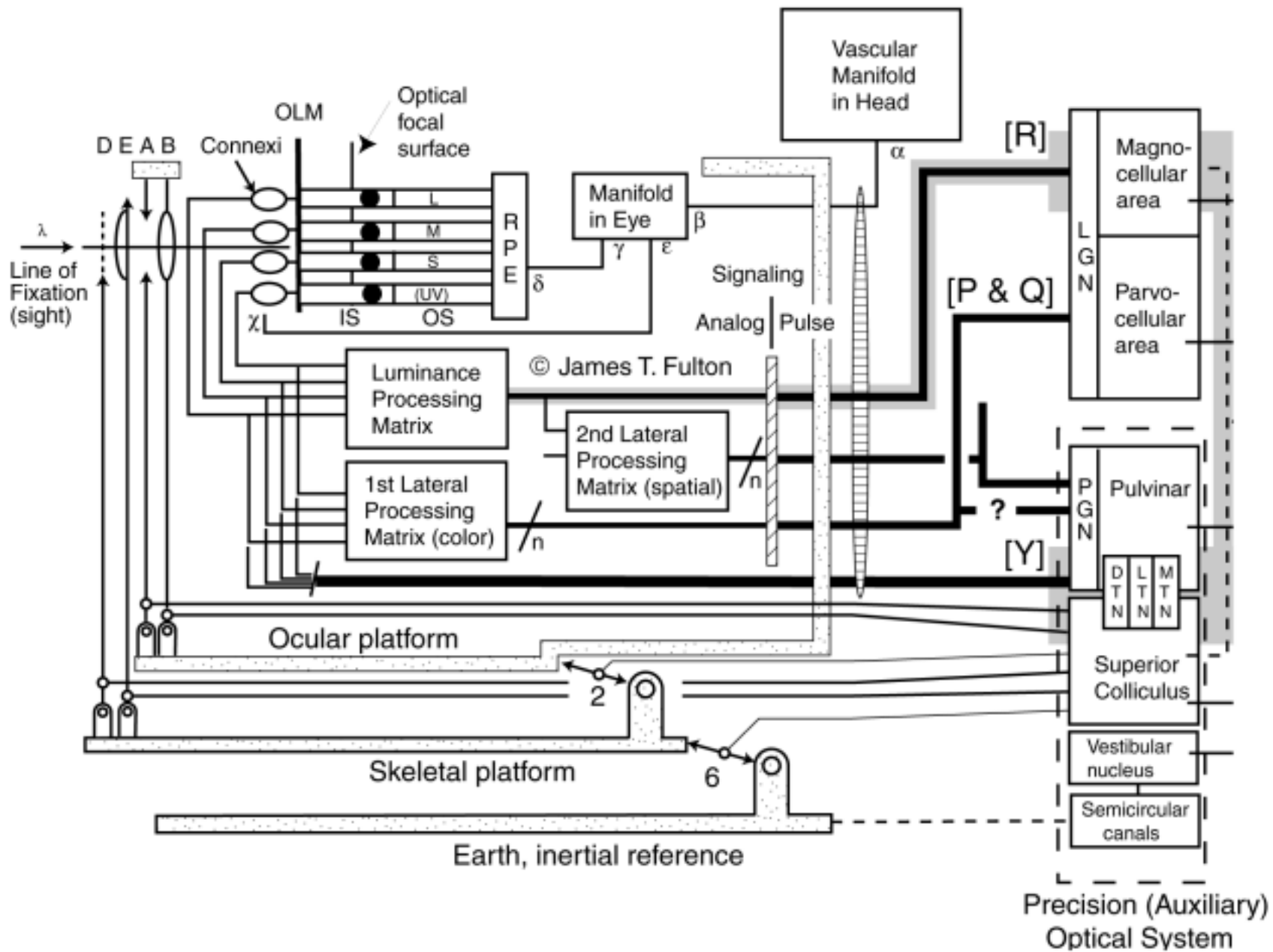
Onion and contact lenses

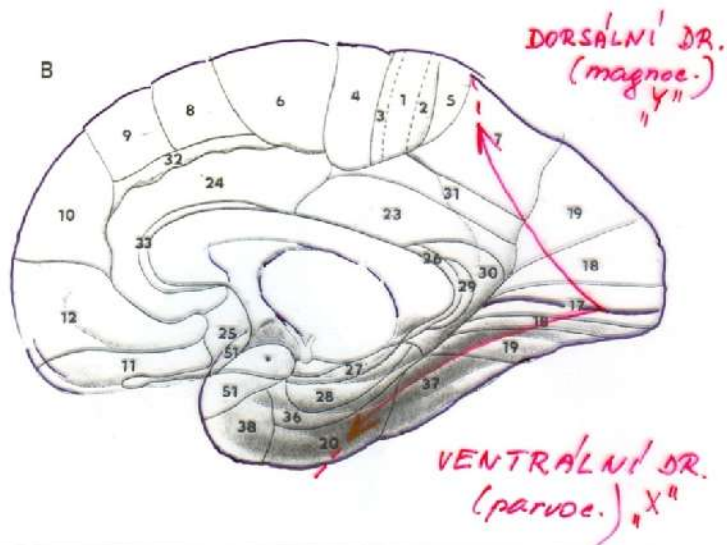
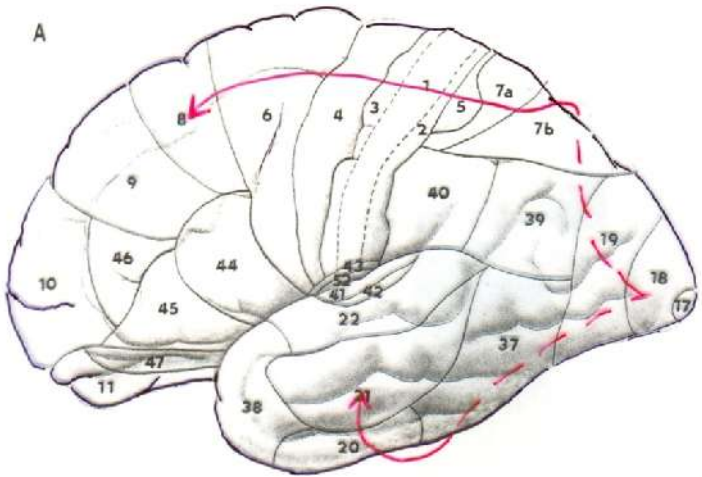
Pupillary light reflex + accommodation reflex

And accommodation

Vestibulo-ocular reflex - the Extraocular muscles







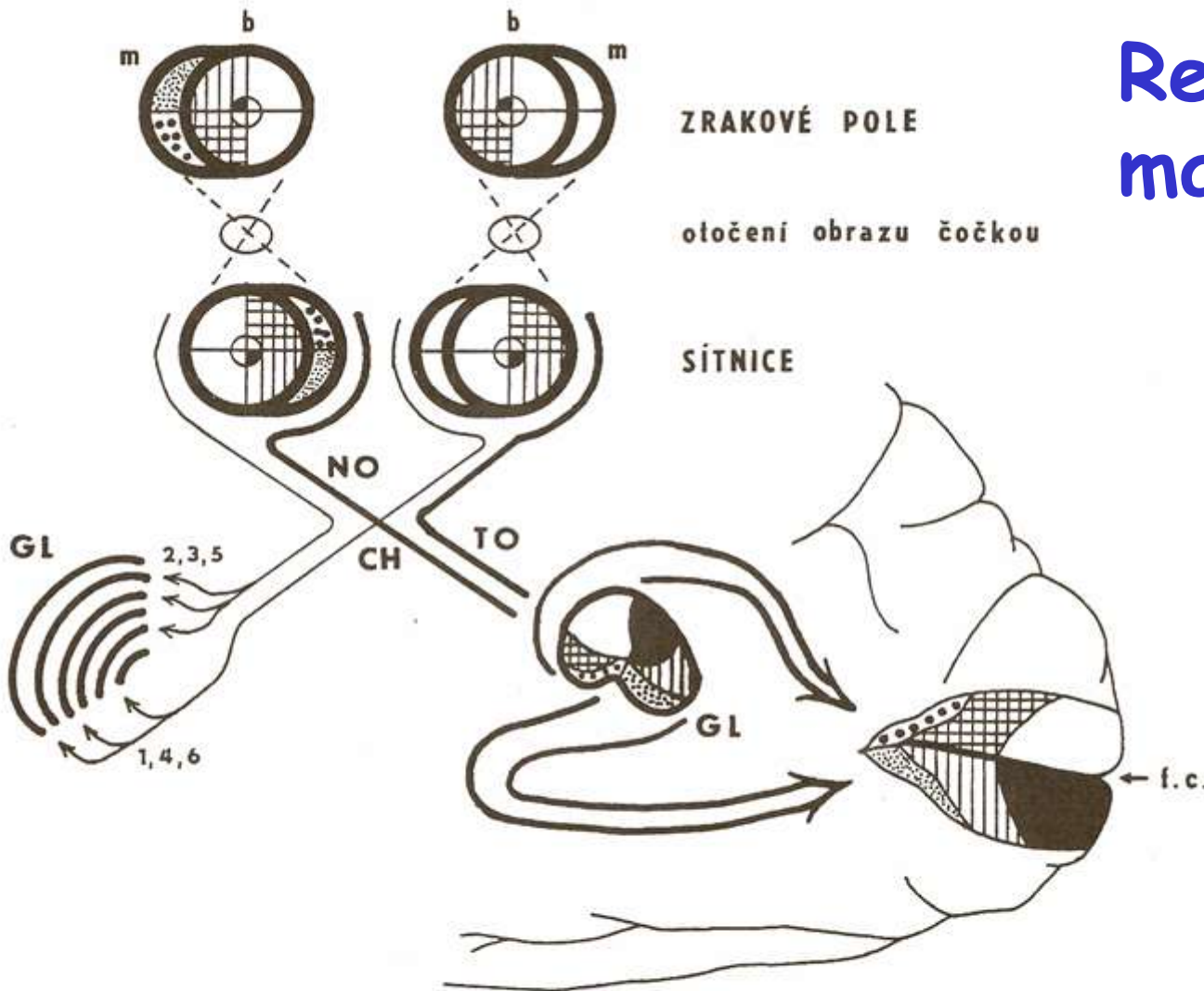
ze 17 – do buněk v
 area 18 a 19 (V2 –
 5), z nich
dorsální dráha do
 frontálního laloku
 (magnocelulární
 dráha, Y) a
dráha ventrální do
 temporálního
 laloku
 (parvocelulární, X)

Projekční korové zrkové oblasti rozmístěny v okolí fissura calcarina

primární zrková kůra s přesnou topografickou prezentací sítnice: area striata, area 17 dle Brodmana

asociační zrková oblast, podílející se na analýze tvarů a barev: area 18 a 19

Retinotopické mapy



Obr. 102.: Schema zrakové dráhy od zrakového pole po fissura calcarina s vyznačením topografie (retinotopiky).

b - oblast binokulárního vidění,
 f.c. - fissura calcarina,
 GL - corpus geniculatum laterale (arabská čísla = jeho vrstvy),
 CH - chiasma opticum,

m - monokulární vidění,
 NO - nervus opticus,
 TO - tr. opticus.

Petrovický et al.: Anatomie, IX
 Centrální nervový systém, Karolinum,
 Praha, 1995

