Zrakové ústrojí 2

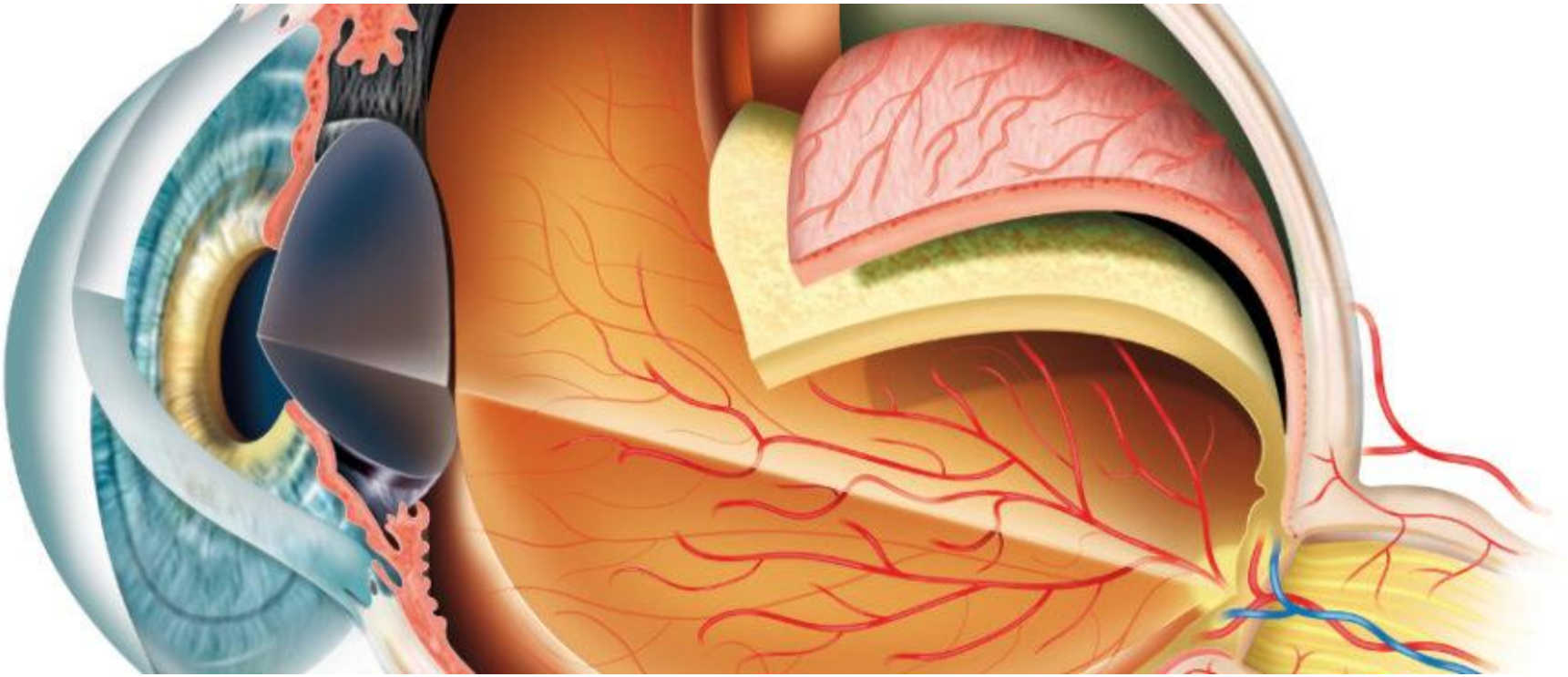
http://bibliodyssey.blogspot.com/2006/01/educating-world-with-pictures.html

http://www.globalegyptianmuseum.org/glossary.aspx?id=150

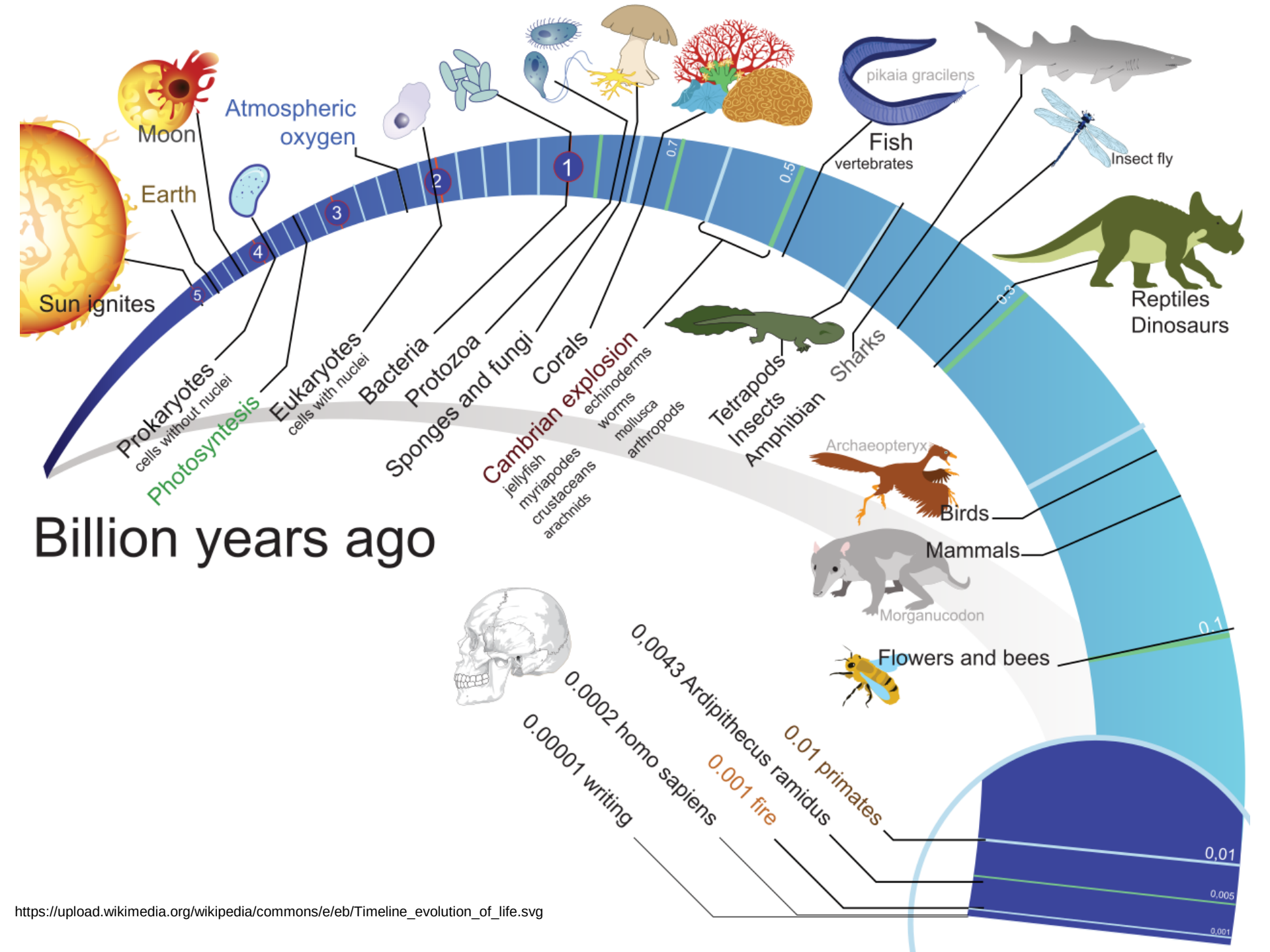
https://news.cgtn.com/news/2020-07-14/Sauron-5G-and-the-Five-Black-Eyes-S7i9xRgjgA/index.html

https://www.universetoday.com/46685/the-eye-of-god/

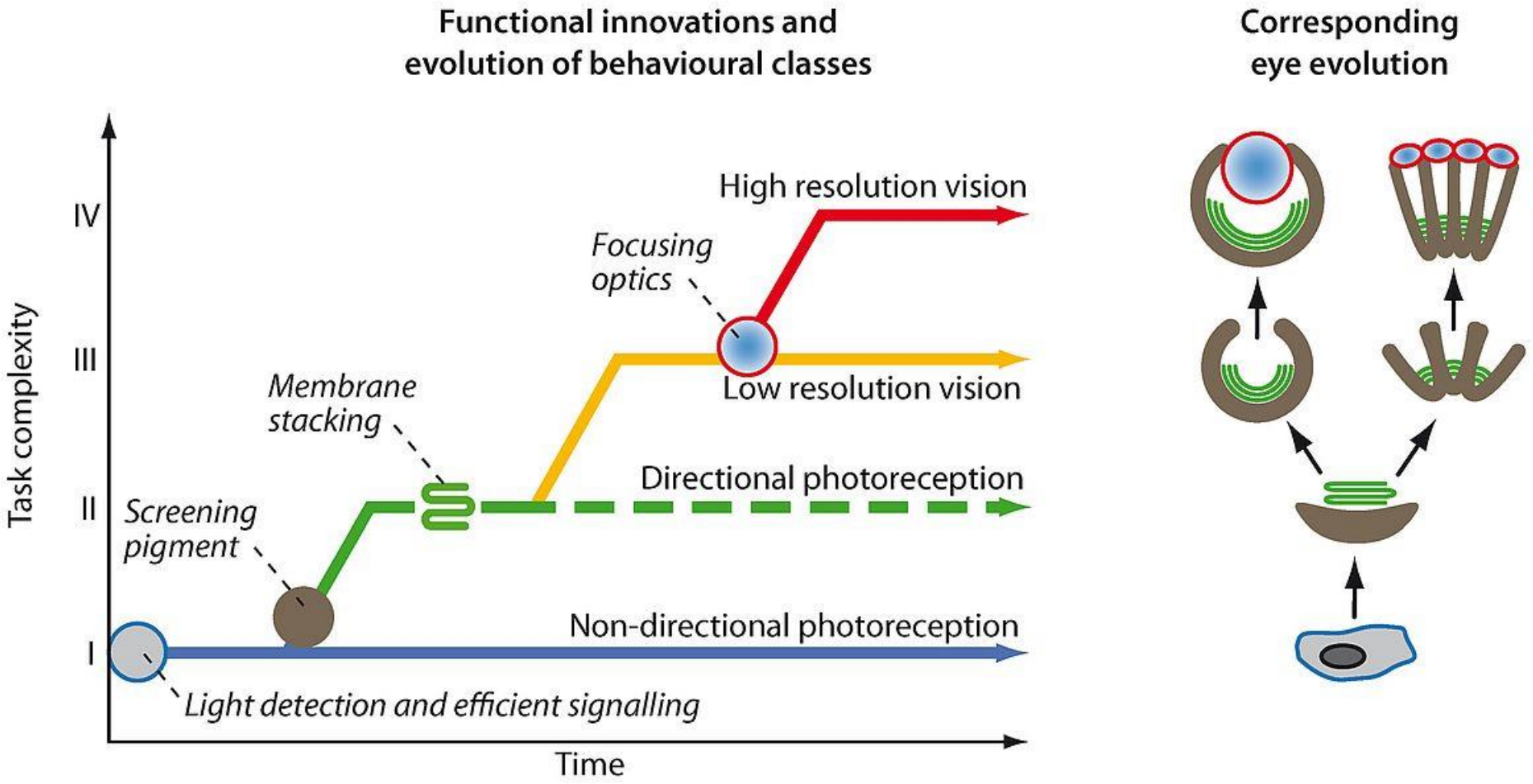
https://noticias251.com/2021/05/03/la-pareidolia/



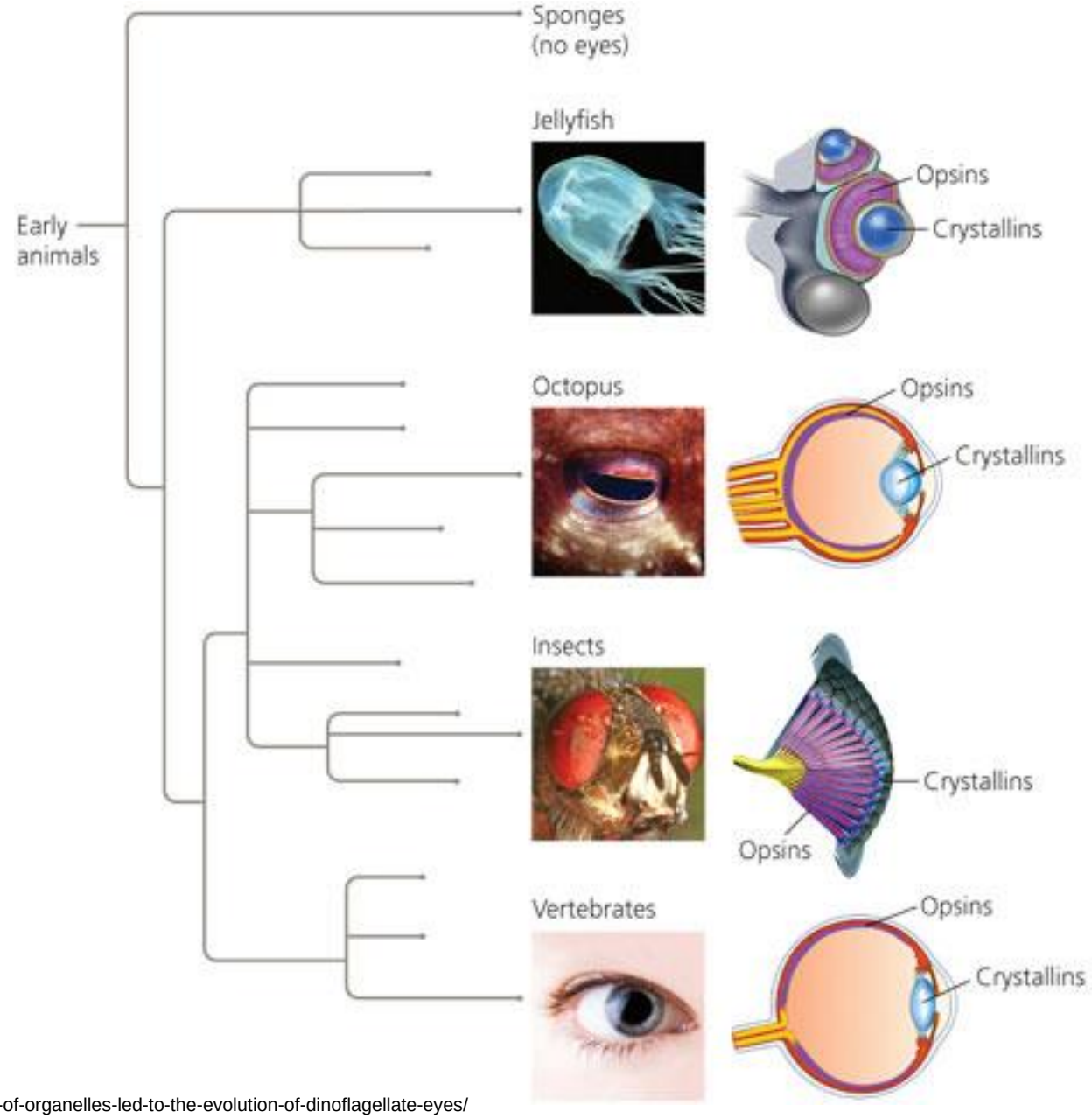
https://www.exetereye.co.uk/the-eye/eye-anatomy/



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Timeline_evolution_of_life.svg



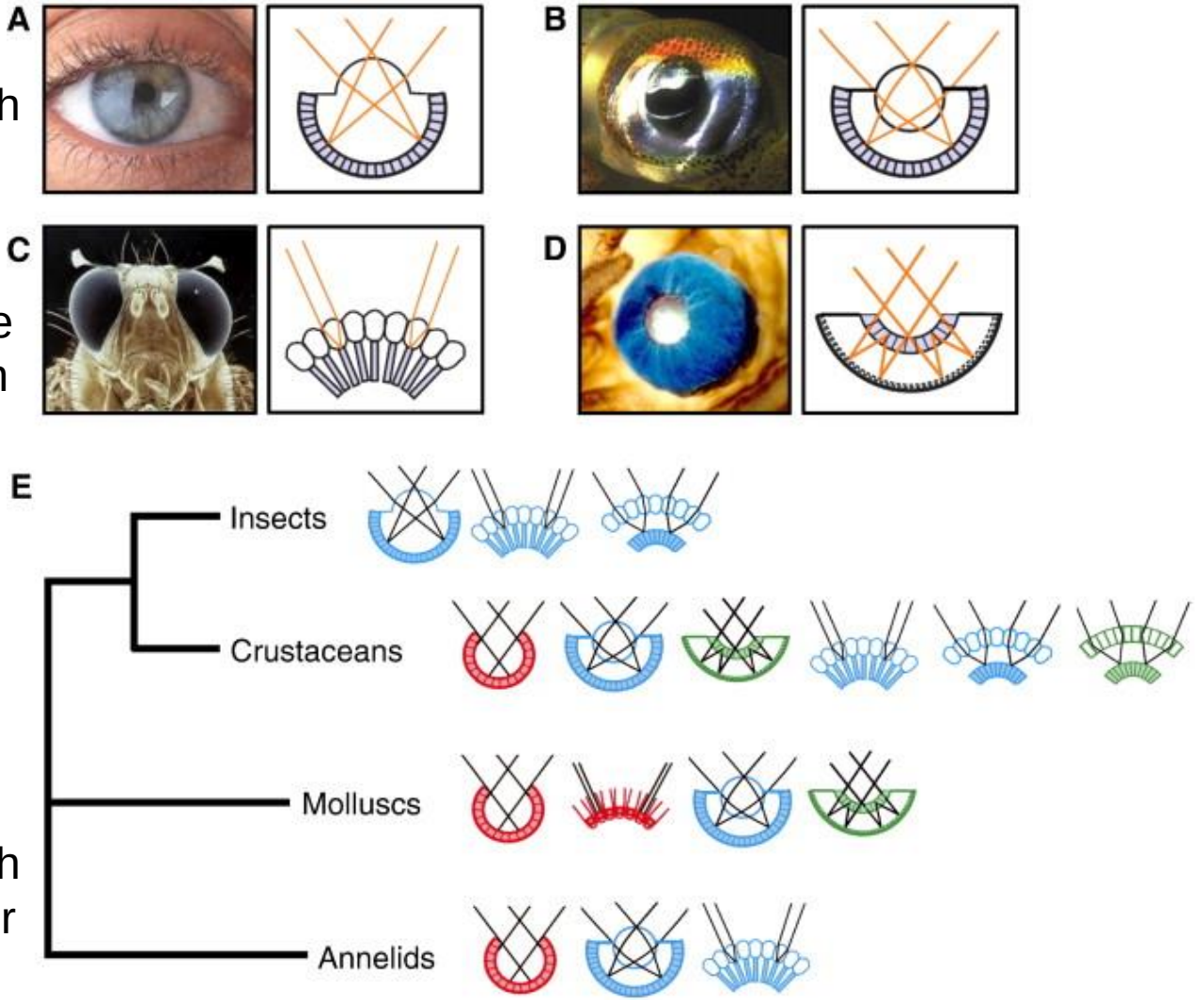
http://www.vision-research.eu/index.php?id=1131



https://oceanbites.org/the-eyes-have-it-co-option-of-organelles-led-to-the-evolution-of-dinoflagellate-eyes/

Gavelis, G. S., Hayakawa, S., White, R.A., Gojobori, T., Suttle, C.A., Keeling, P.J., Leander, B.S. 2015. Eye-like ocelloids are built from different endosymbiotically acquired components. *Nature*. doi:10.1038/nature14593

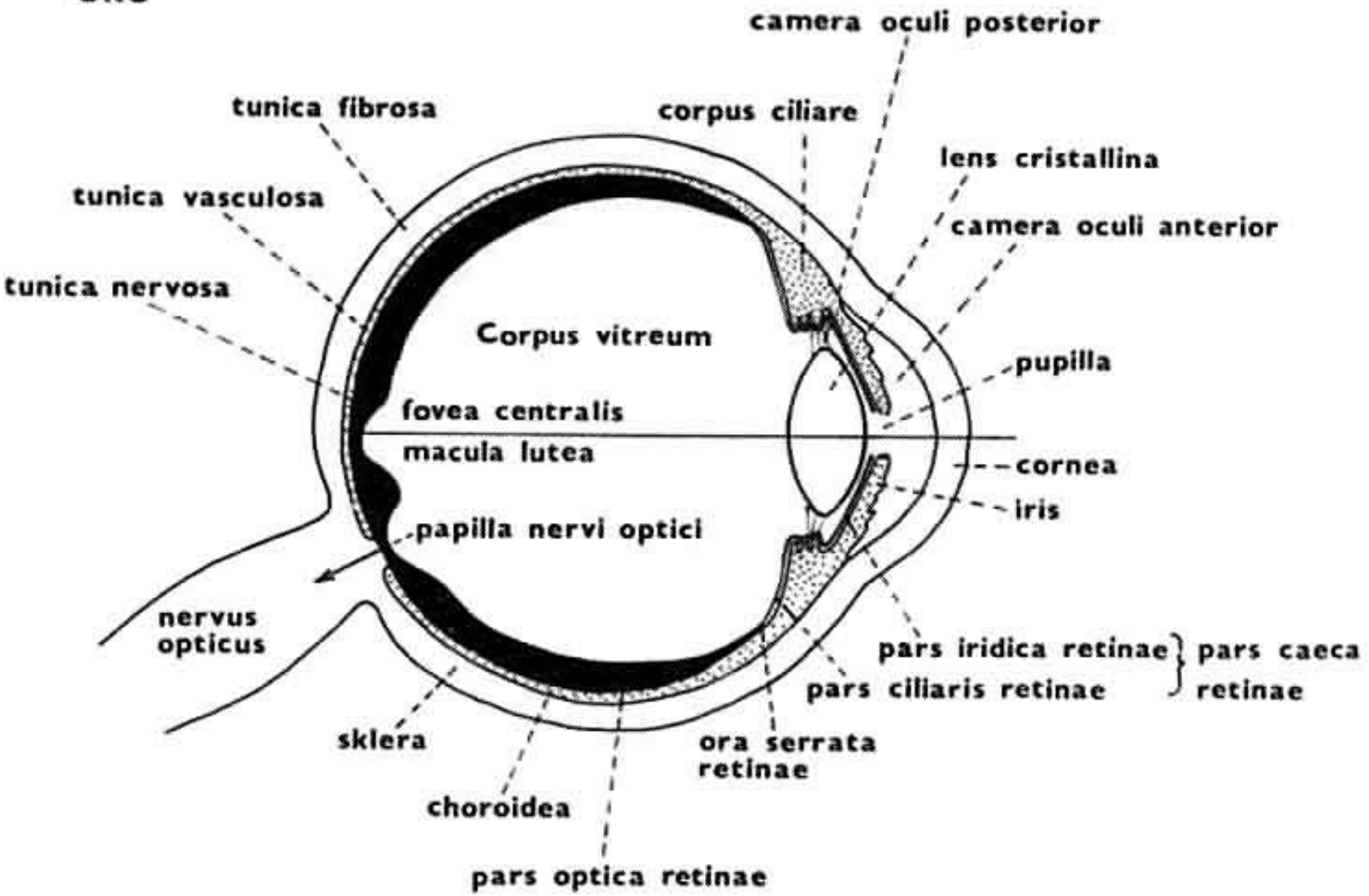
Fig. 1. … (A) A vertebrate single-chambered eye with corneal optics (human). (B) A cephalopod single-chambered eye with a spherical lens (squid). The remarkable similarity seen between the single-chambered lens eyes of vertebrates and cephalopods serves as a textbook example of convergent evolution. (C) An insect apposition compound eye. (D) A single-chambered eye with a reflecting concave mirror (scallop). …



Ted Erclik, Volker Hartenstein, Roderick R. McInnes, Howard D. Lipshitz, Eye evolution at high resolution: The neuron as a unit of homology, Developmental Biology, Volume 332, Issue 1, 2009, Pages 70-79, ISSN 0012-1606,

https://www.allaboutvision.com/conditions/eye-color-brown.htm

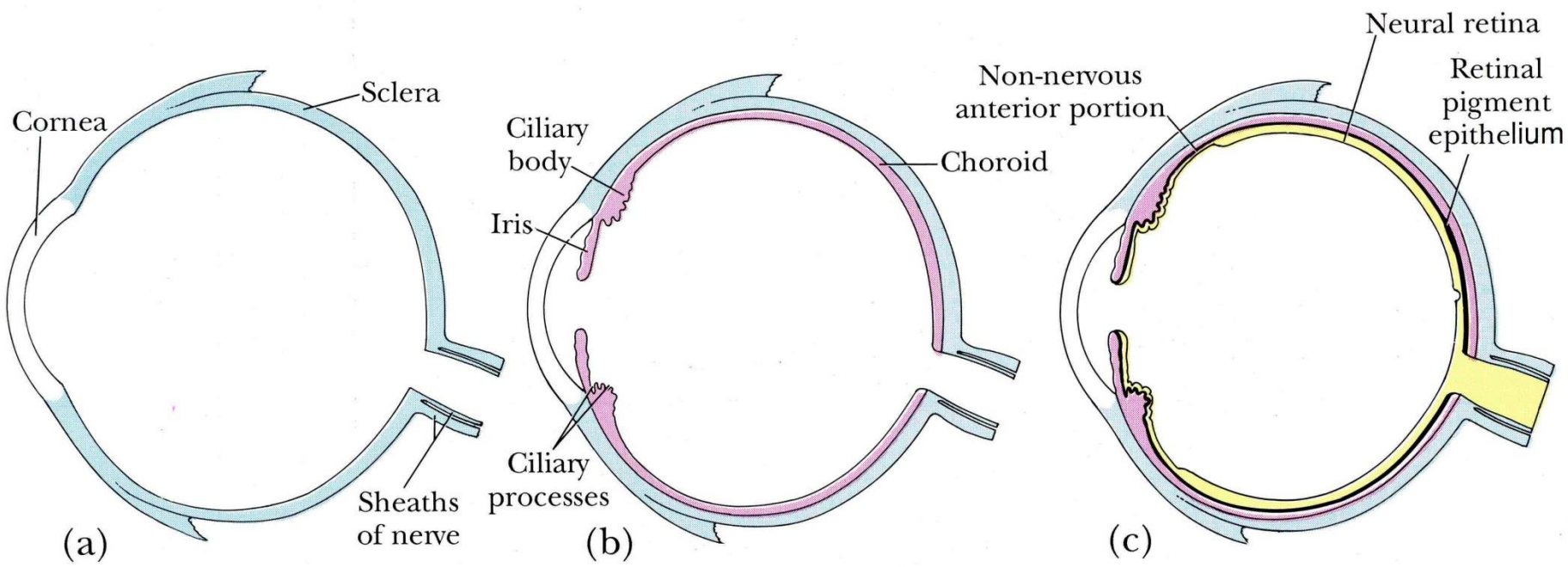
OKO


camera oculi posterior
tunica fibrosa
corpus ciliare
lens cristallina
tunica vasculosa
camera oculi anterior
tunica nervosa
Corpus vitreum
pupilla
fovea centralis
macula lutea
cornea
iris
papilla nervi optici
nervus opticus
pars iridica retinae
pars caeca retinae
pars ciliaris retinae
sklera
ora serrata retinae
choroidea
pars optica retinae

tunica fibrosa

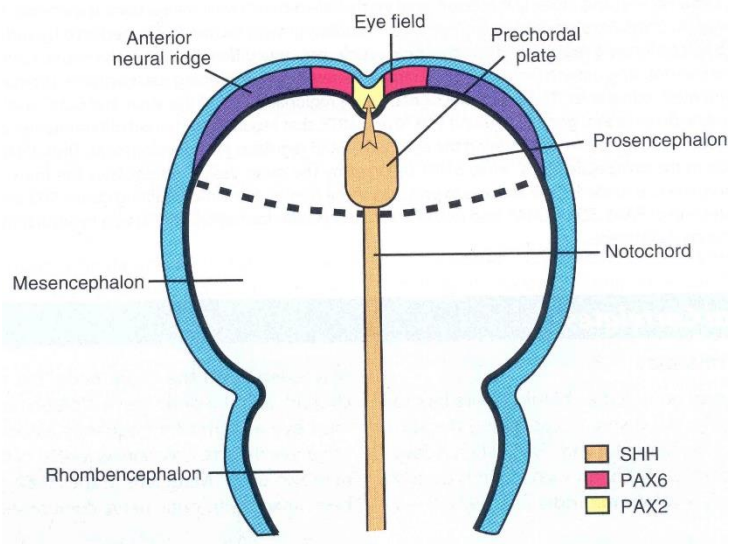
tunica vasculosa

tunica nervosa

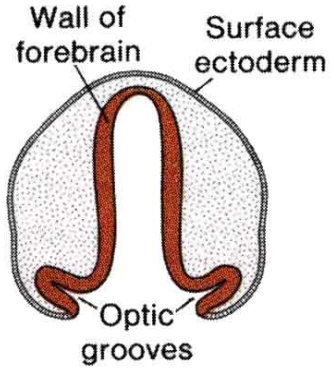


Vývoj zrakového ústrojí

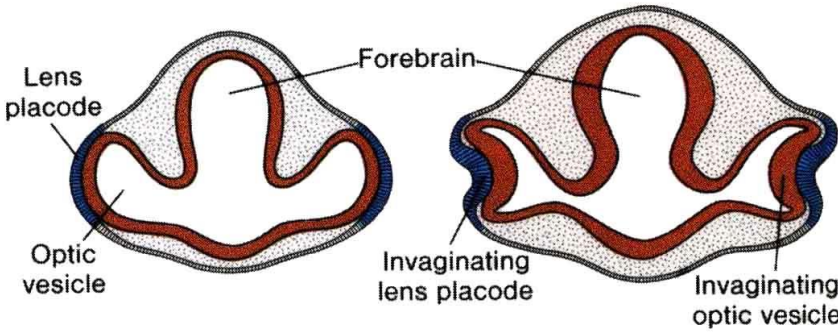
- neuroektoderm předního mozku
- povrchový ektoderm hlavy
- mezenchym mezi
- buňky neurální lišty



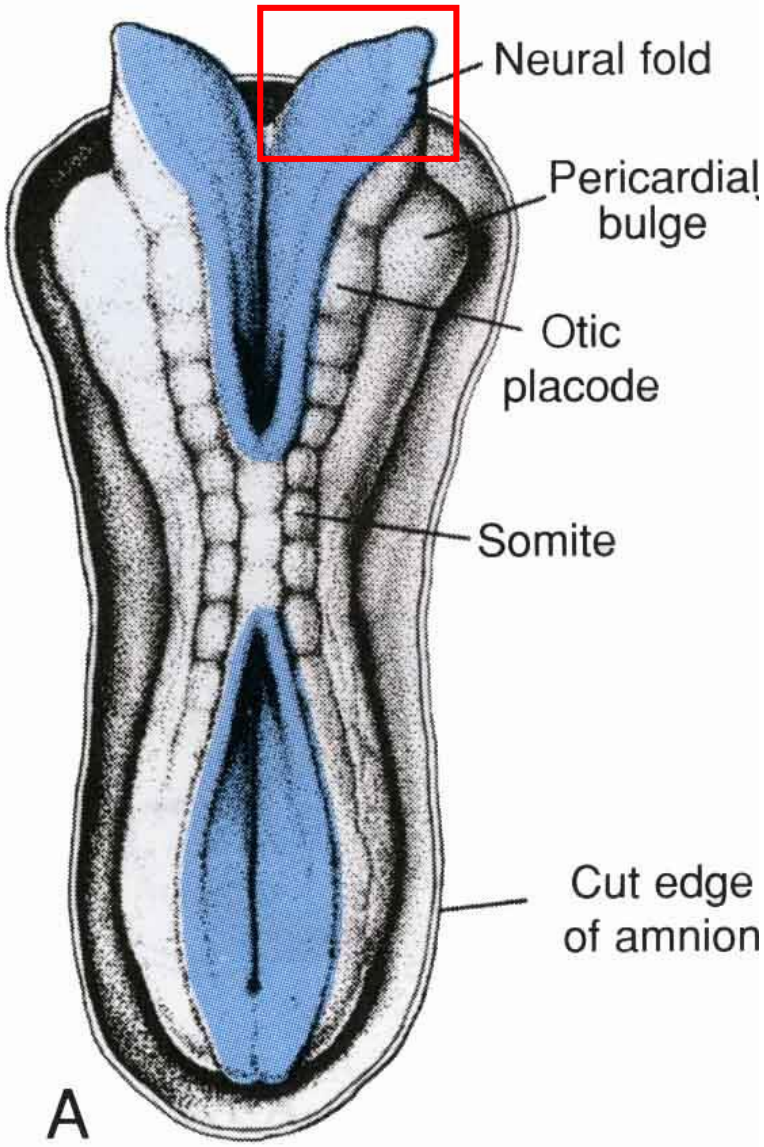
Vývoj zrakového ústrojí

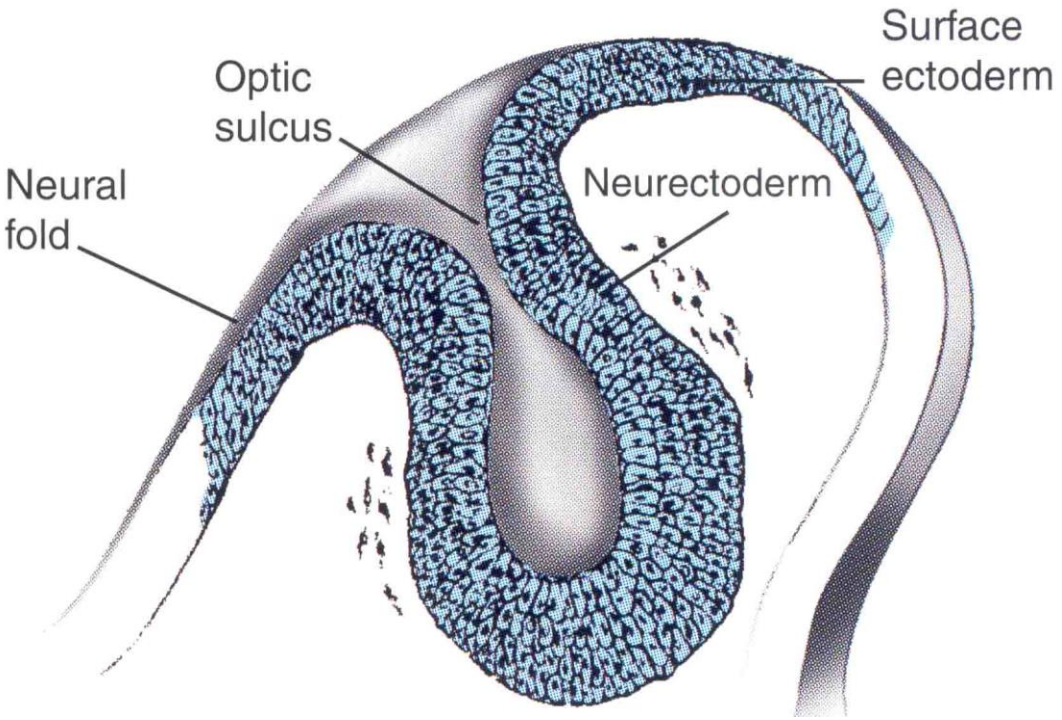


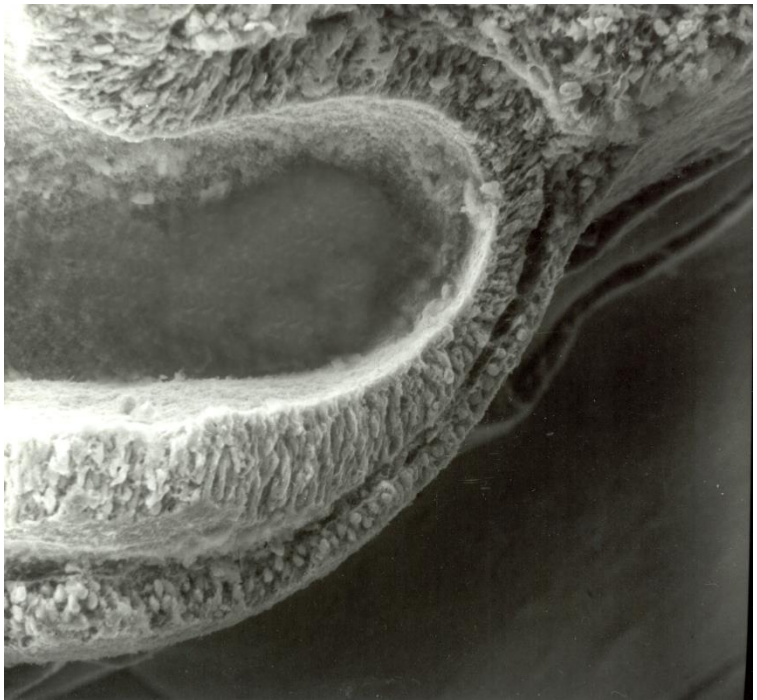
- vývoj od začátku 4. týdne
- vznik očních **brázdiček** v oblasti předního mozku
- prohlubují se v oční **váčky**
- formace oční **stopky**
- indukce ektodermu = ztluštění
- vznik **čočkové plakody**

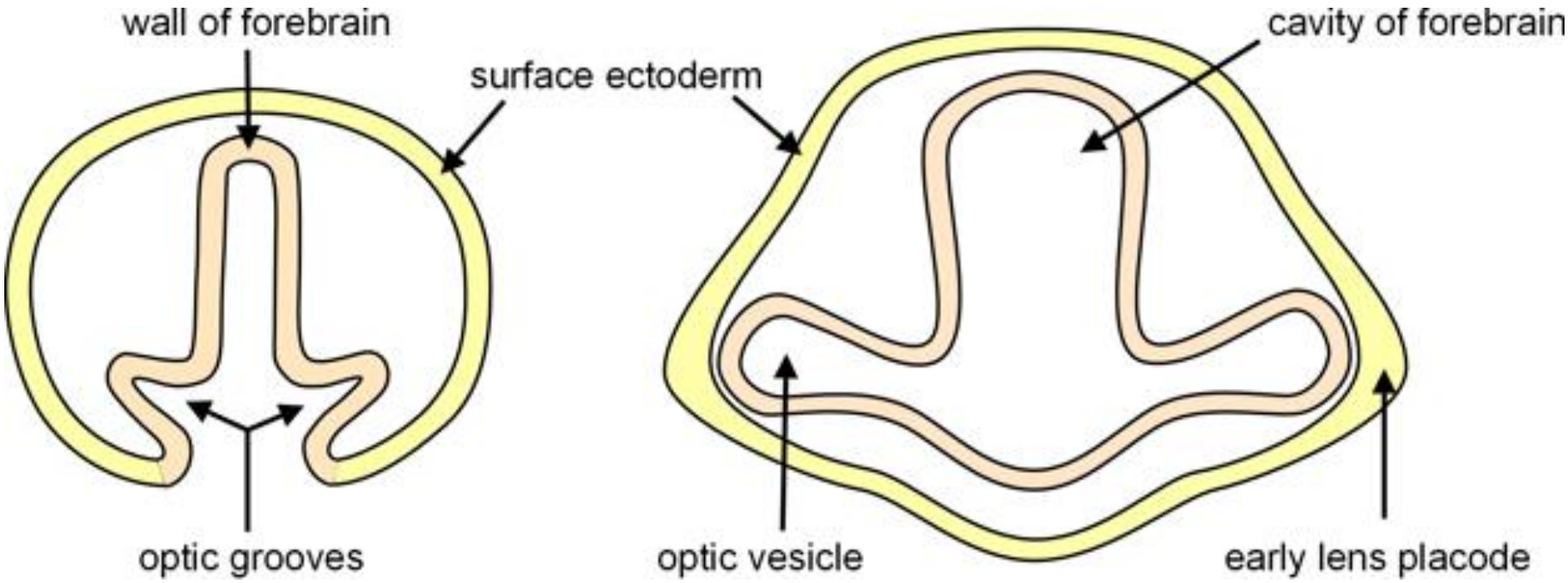


22. den

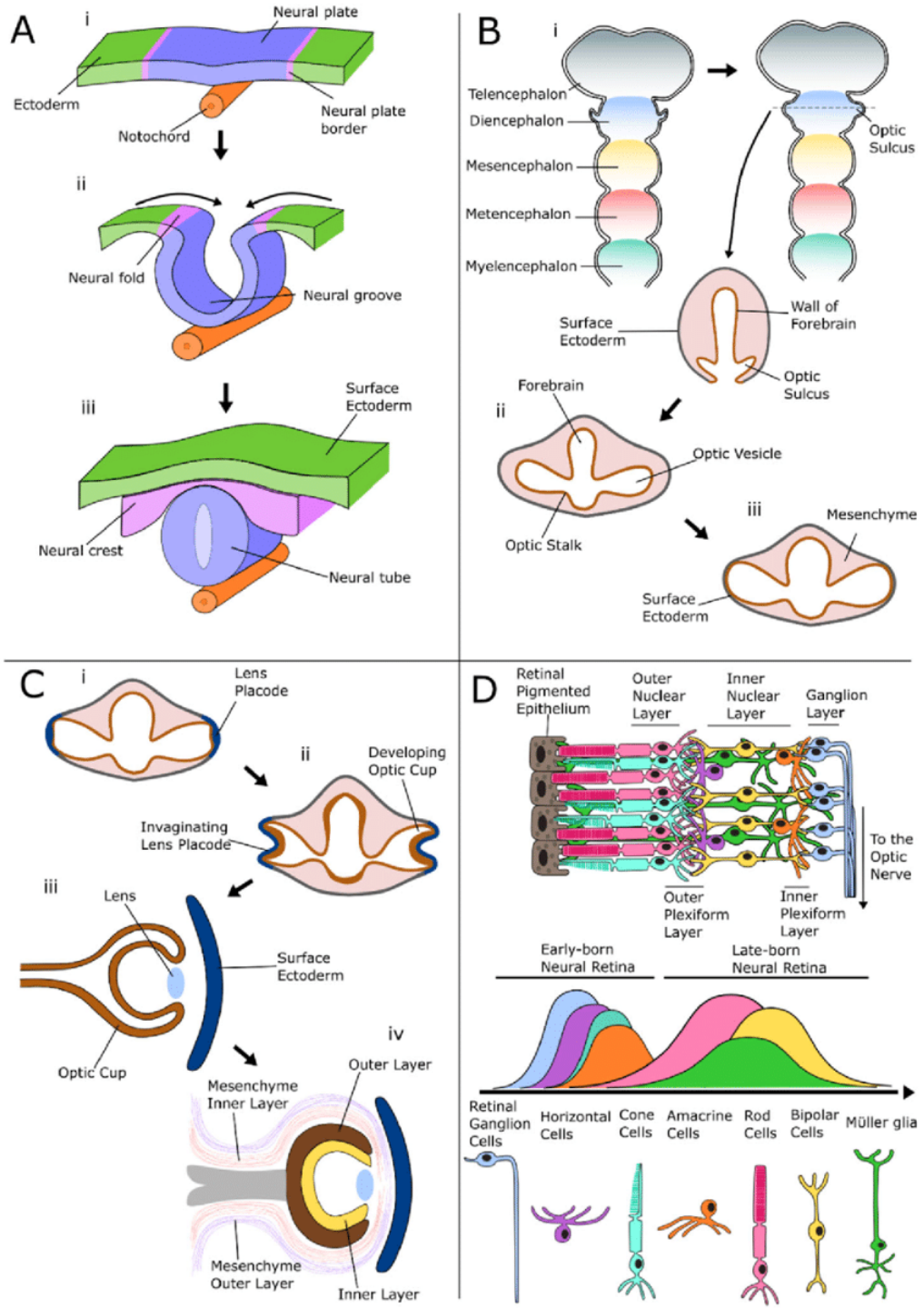

Neural fold
Pericardial bulge
Otic placode
Somite
Cut edge of amnion
A


Surface ectoderm
Optic sulcus
Neural fold
Neurectoderm

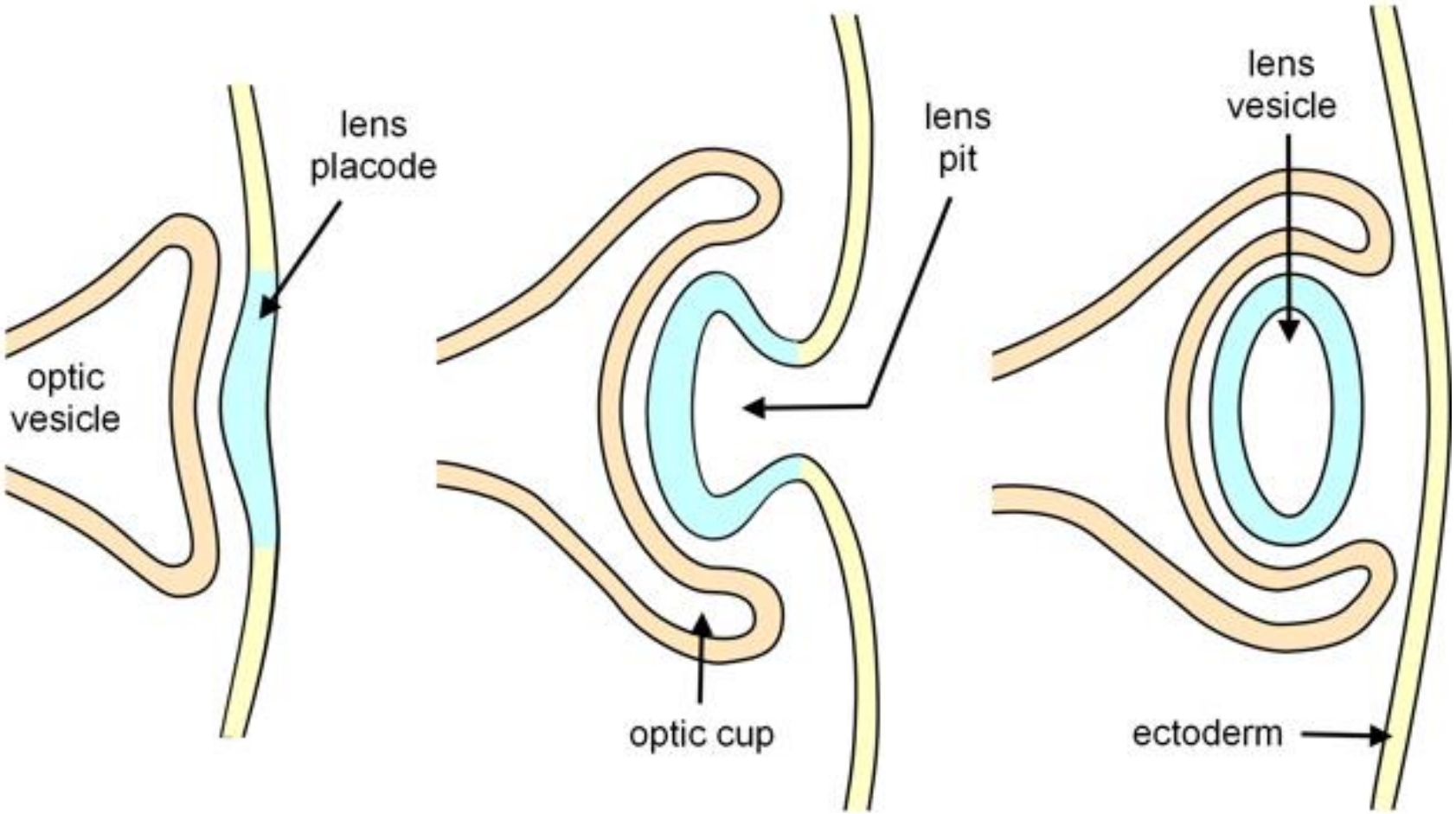




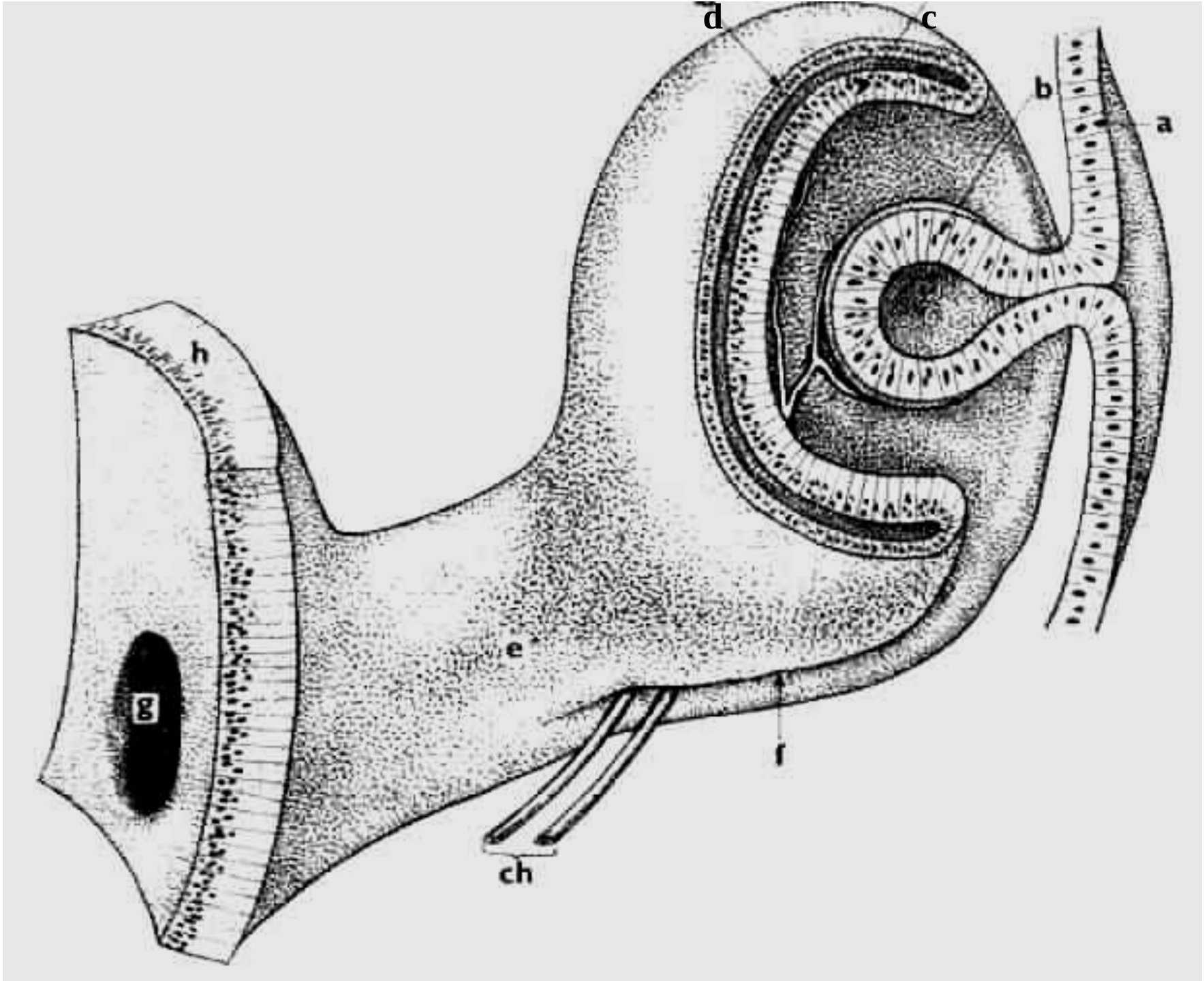
https://evolutionunderthemicroscope.com/eyes01.html

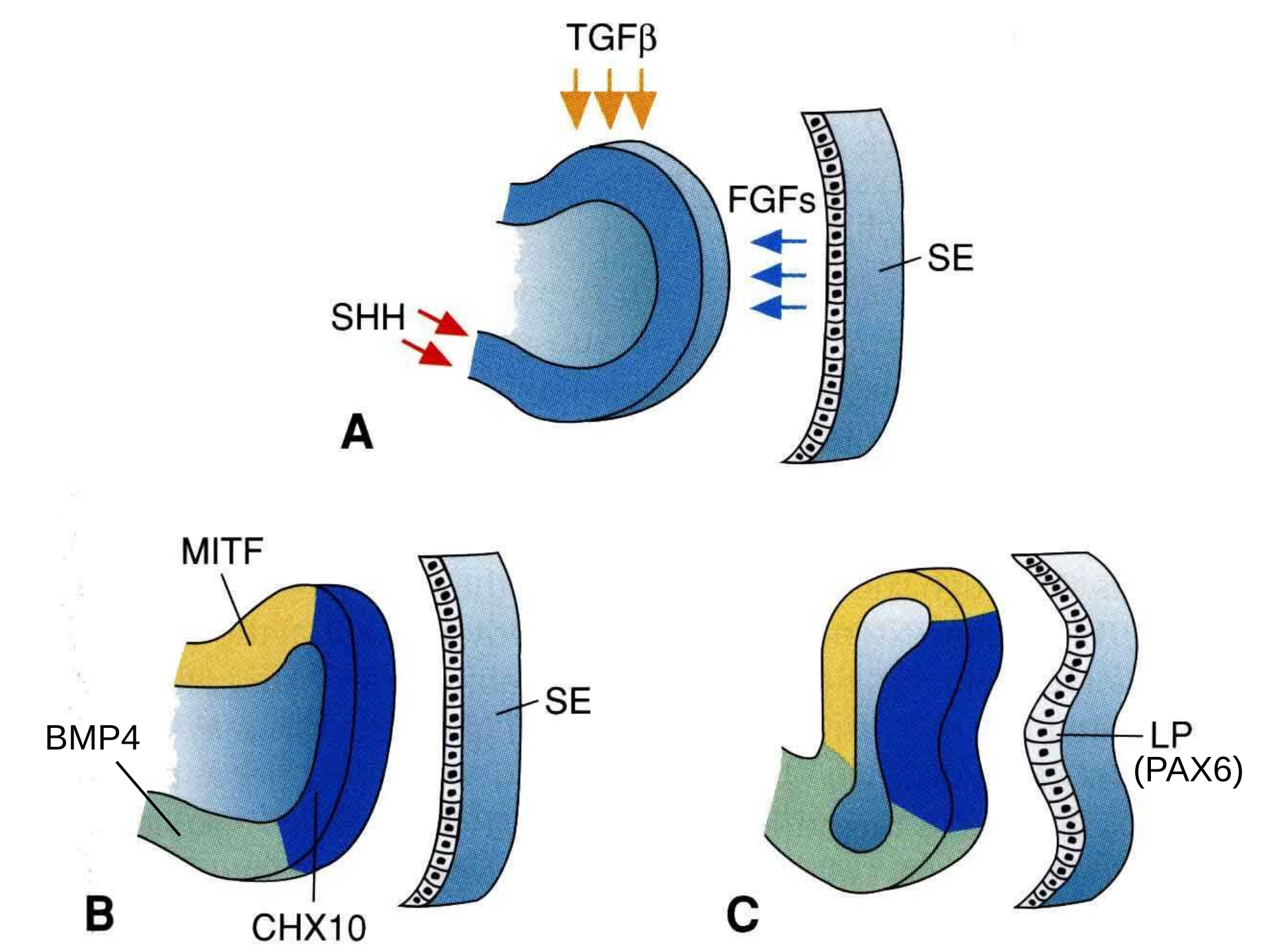


Wagstaff, Philip & Berzal, Andrea & Boon, Camiel & Quinn, Peter & Asbroek, Anneloor & Bergen, Arthur. (2021). The Role of Small Molecules and Their Effect on the Molecular Mechanisms of Early Retinal Organoid Development. International Journal of Molecular Sciences. 22. 7081. 10.3390/ijms22137081.



https://evolutionunderthemicroscope.com/eyes01.html


d
c
b
a
h
e
g
f
ch

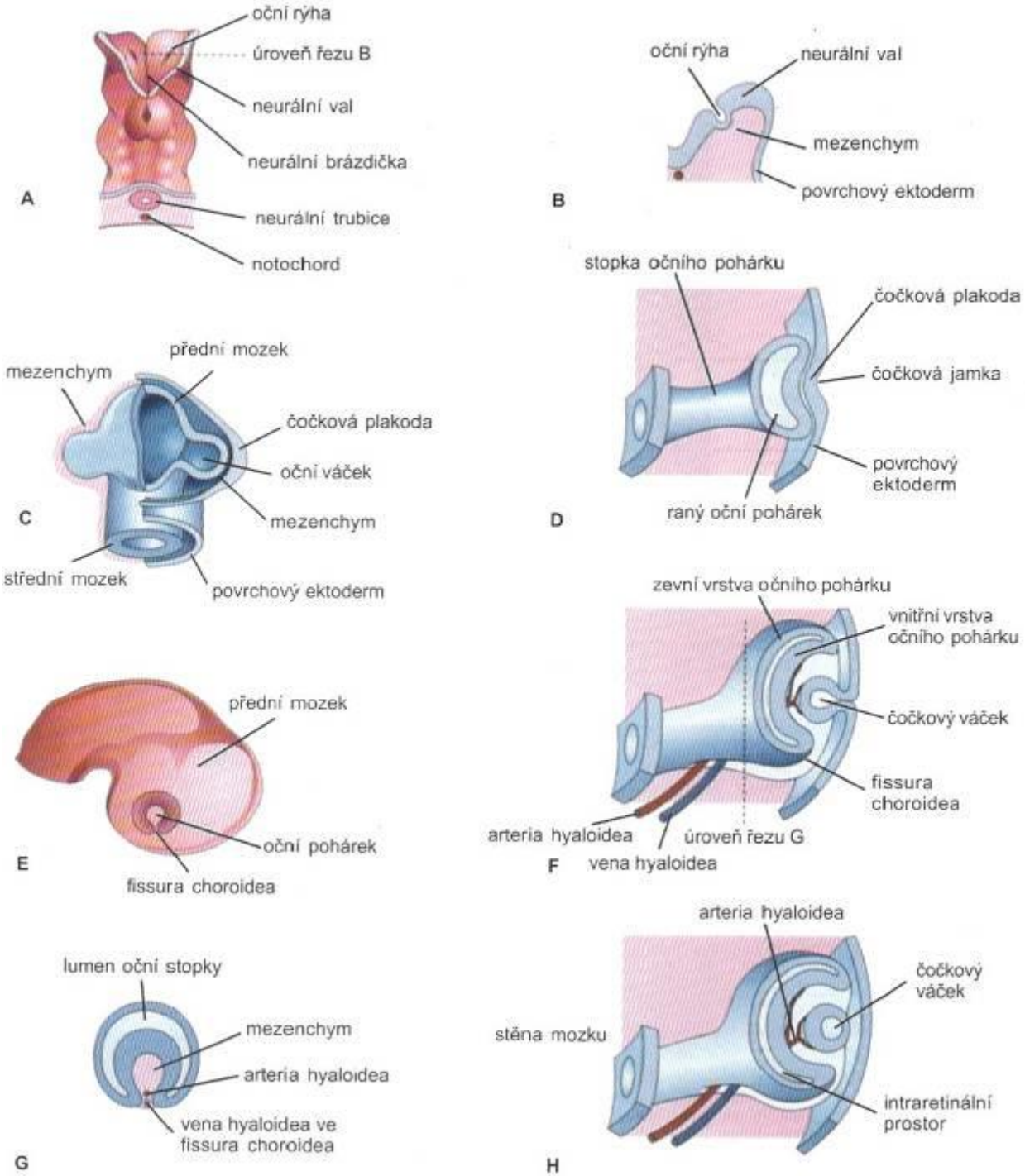

TGFβ
FGFs
SE
SHH
A
MITF
SE
BMP4
B
CHX10
C
LP
(PAX6)

Vývoj zrakového ústrojí

- vchlípení čočkové plakody
- vznik dutého čočkového váčku bez spojení s povrchem
- oční váčky se vchlipují = oční **pohárek**
- vchlípení stopky a pohárku se vcestováním cévnatého mezenchymu = vznik sklivcových cév

stěna optické stopky (přecházející ve stěnu předního mozku)
dutina optické stopky (související s dutinou předního mozku)
intraretinální prostor
mezenchym (primordium cévnatky a skléry)
povrchový ektoderm
čočková jamka (invaginovaná čočková plakoda)
vnitřní vrstva očního pohárku (primordium optické části sítnice)
zevní vrstva očního pohárku (základ pigmentového epitelu sítnice)

32 dní


A
oční rýha
úroveň řezu B
neurální val
neurální brázdička
neurální trubice
notochord
B
oční rýha
neurální val
mezenchym
povrchový ektoderm
C
mezenchym
přední mozek
čočková plakoda
oční váček
mezenchym
střední mozek
povrchový ektoderm
D
stopka očního pohárku
čočková plakoda
čočková jamka
povrchový ektoderm
raný oční pohárek
E
přední mozek
oční pohárek
fissura choroidea
F
zevní vrstva očního pohárku
vnitřní vrstva očního pohárku
čočkový váček
fissura choroidea
arteria hyaloidea
úroveň řezu G
vena hyaloidea
G
lumen oční stopky
mezenchym
arteria hyaloidea
vena hyaloidea ve fissura choroidea
H
arteria hyaloidea
čočkový váček
stěna mozku
intraretinální prostor

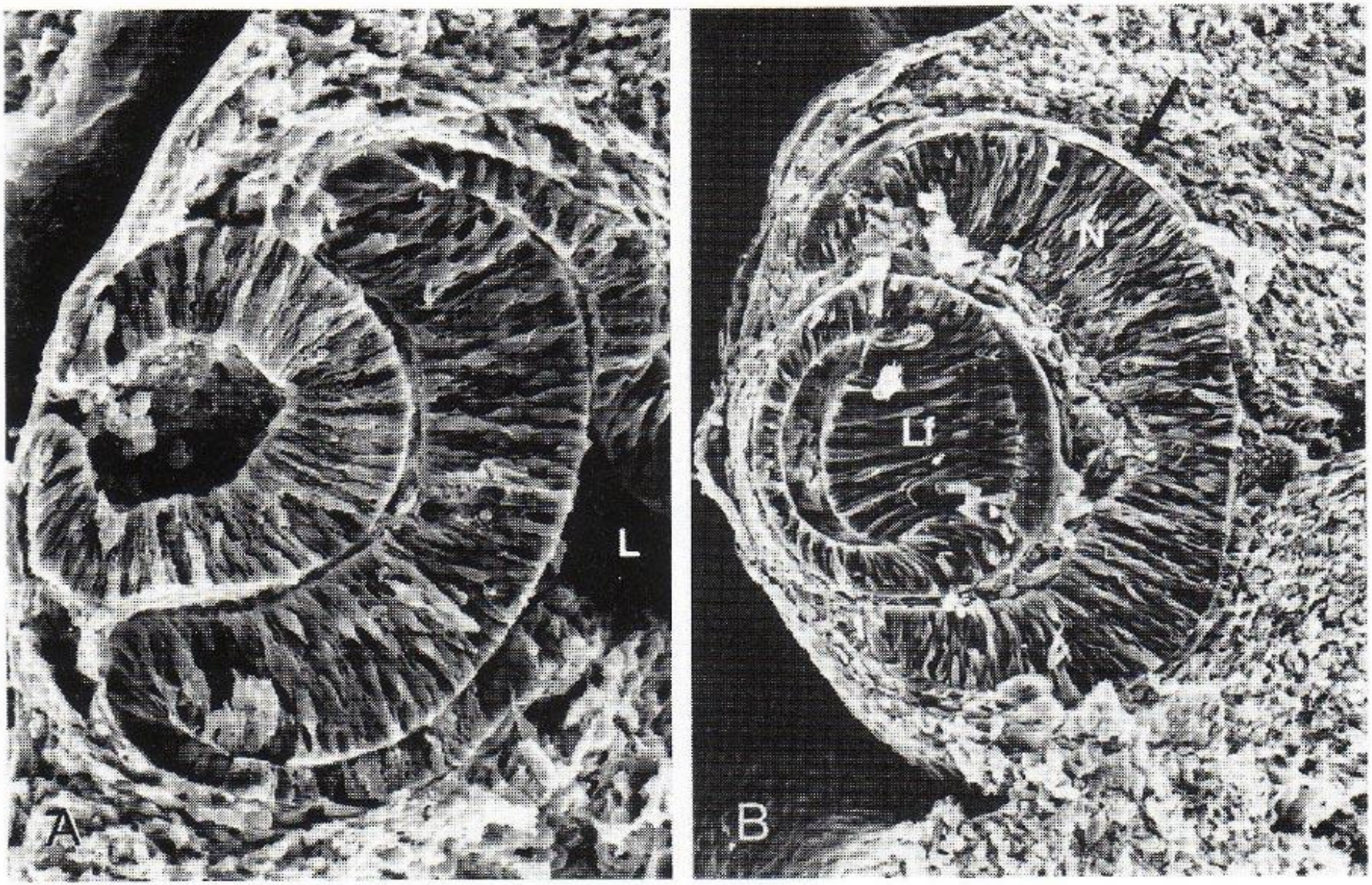
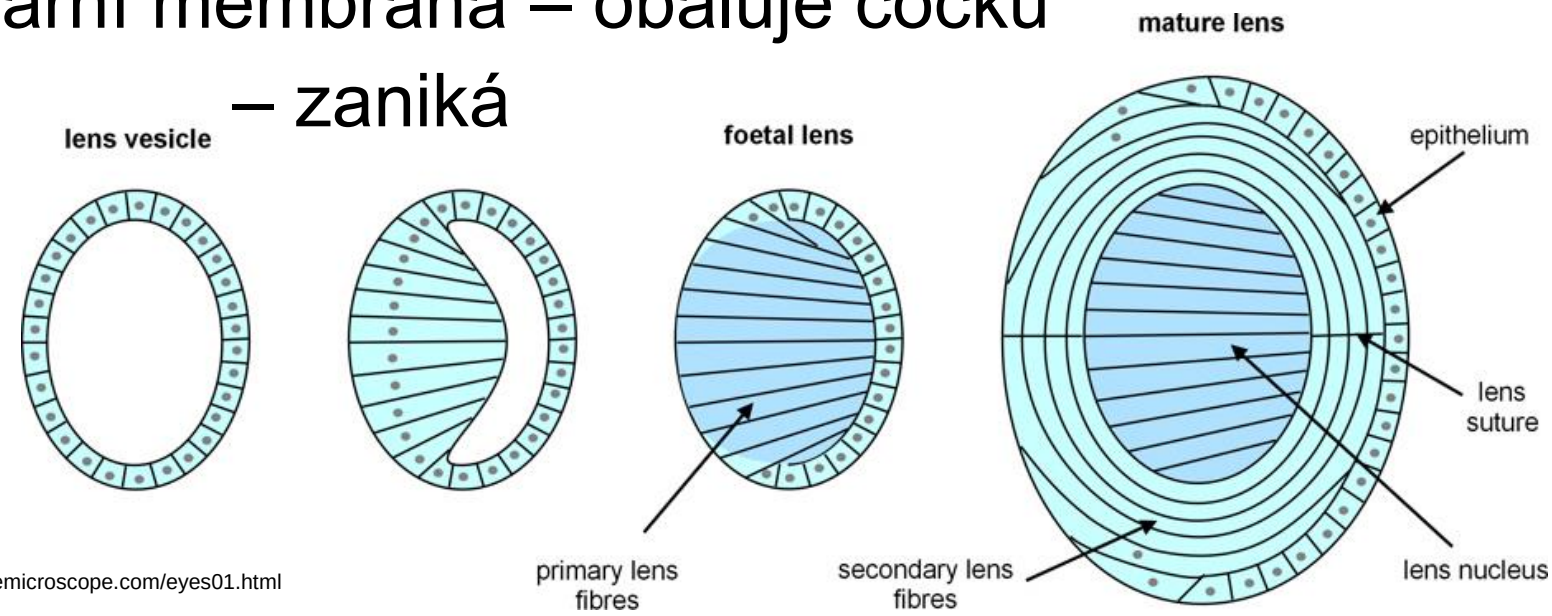


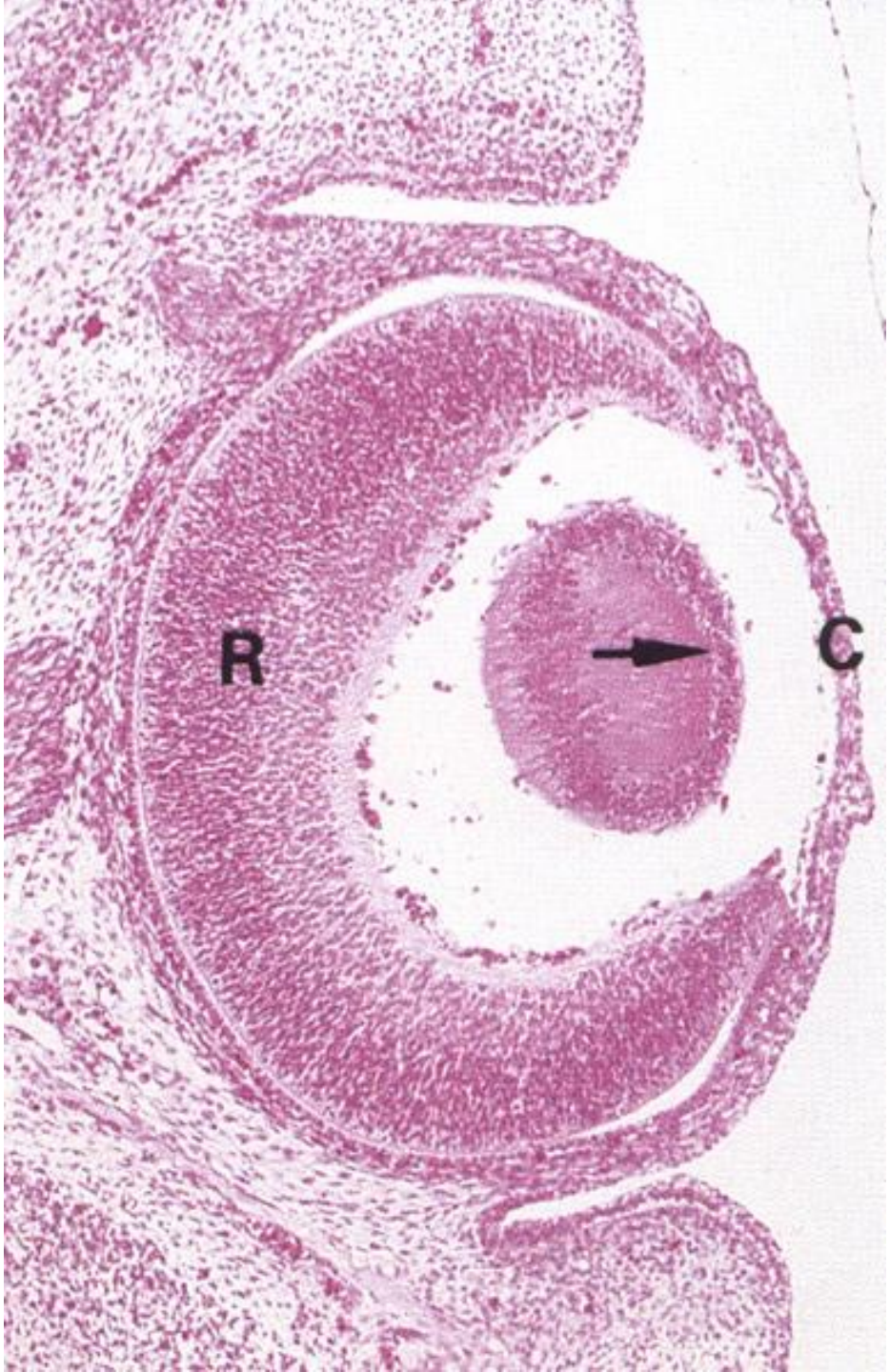
Figure 17.4. Scanning electron micrographs of sections through the eyes of mouse embryos at stages equivalent to **(A)** 6 weeks and **(B)** 7 weeks in the human. **A.** The

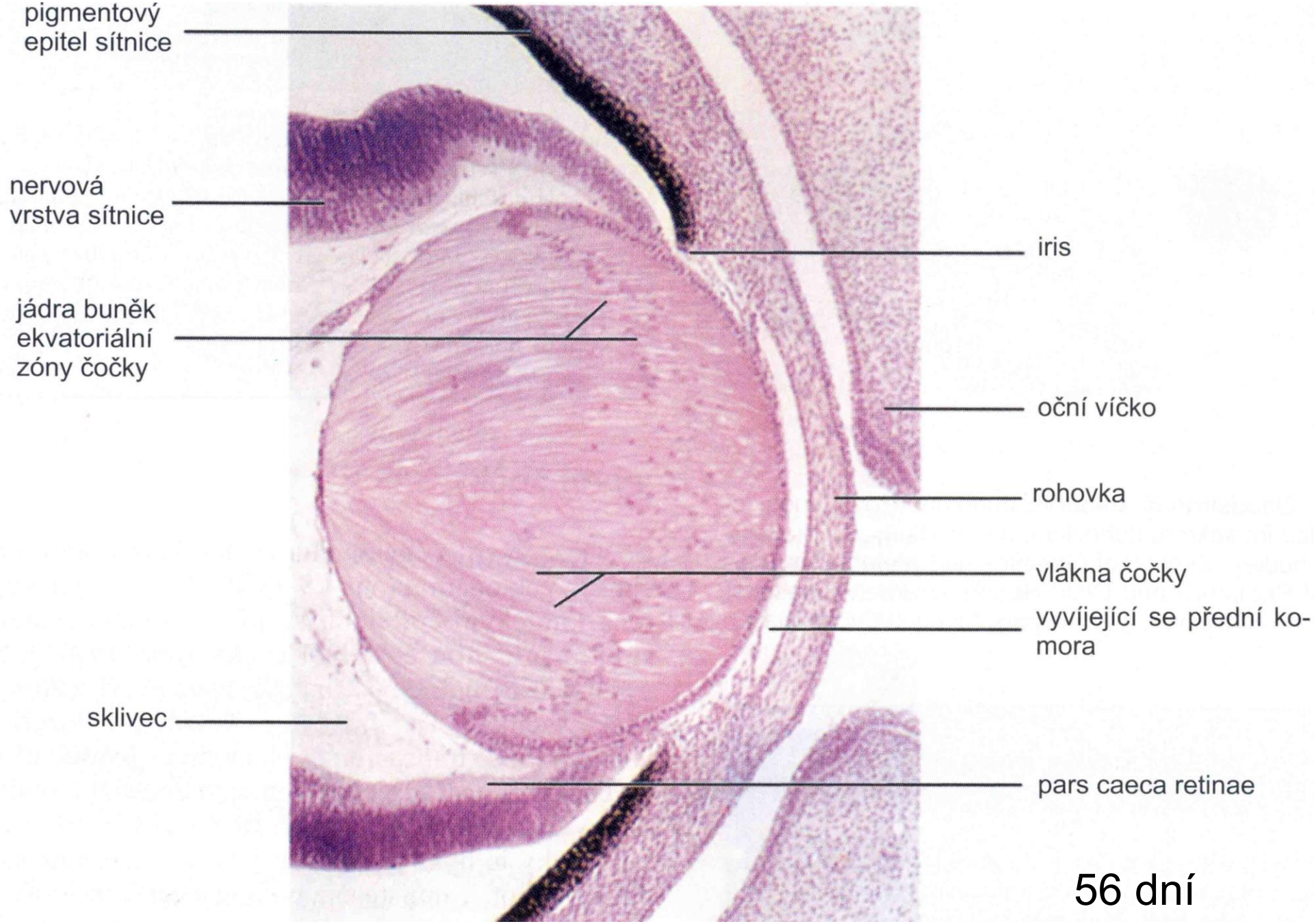
Vývoj čočky

- vzniká z čočkového váčku
  - přední stěna se nemění = přední epitel
  - zadní stěna – buňky se prodlužují až zaniká lumen
    - vznik primárních vláken
    - sekundární vlákna – z bb. předního epitelu
  - capsula lentis – ztluštělá BL předního epitelu
- zásobována a. hyaloidea – zaniká
- pupilární membrána – obaluje čočku – zaniká



https://evolutionunderthemicroscope.com/eyes01.html


R
C


pigmentový epitel sítnice
nervová vrstva sítnice
jádra buněk ekvatoriální zóny čočky
sklivec
iris
oční víčko
rohovka
vlákna čočky
vyvíjející se přední komora
pars caeca retinae
56 dní

skléra
pigmentový epitel sítnice
intraretinální prostor
iris
oční víčko
m. rectus oculi lateralis
čočka
sklivec
rohovka
nervová část sítnice
cévnatka
m. rectus oculi inferior

56 dní

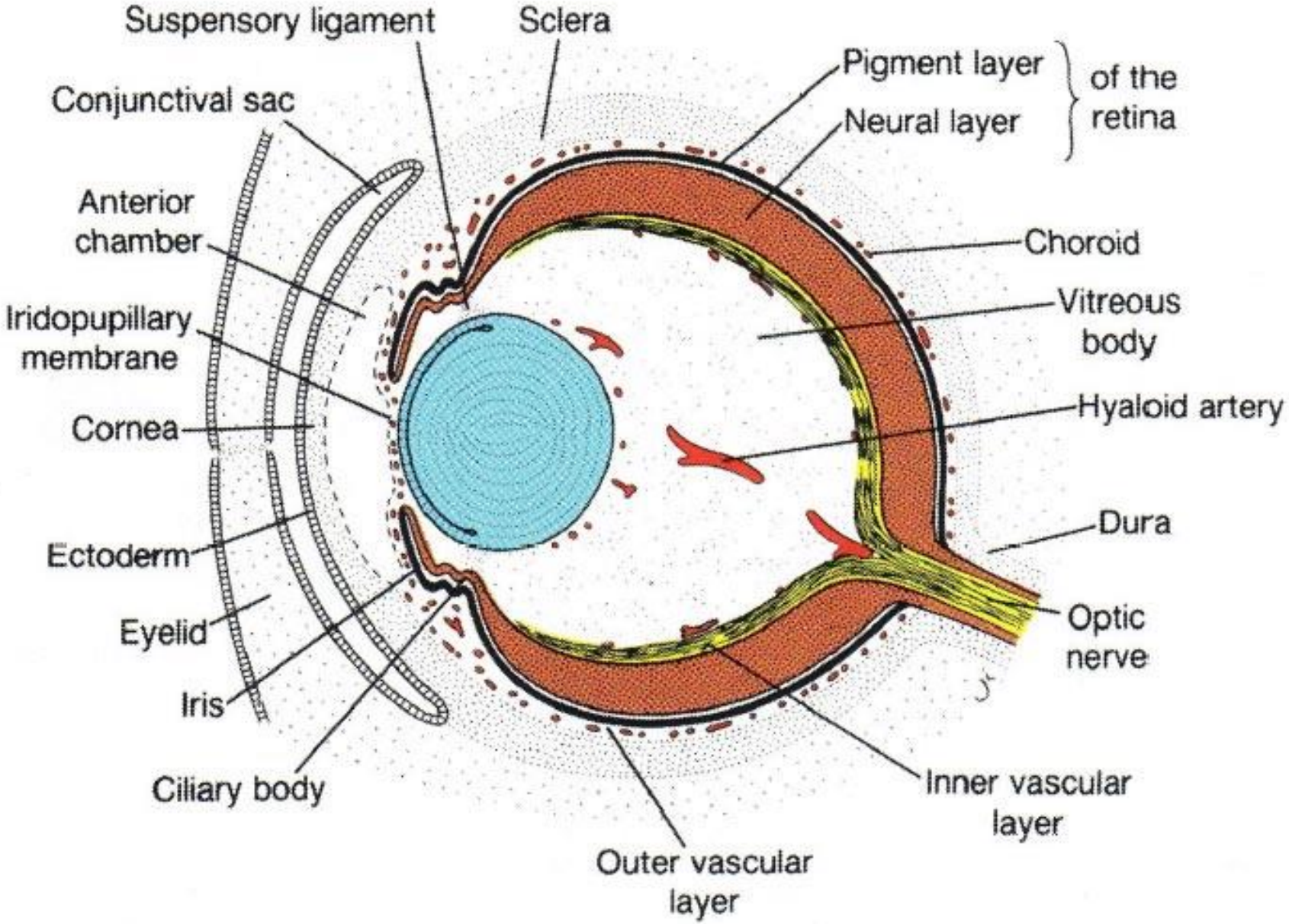


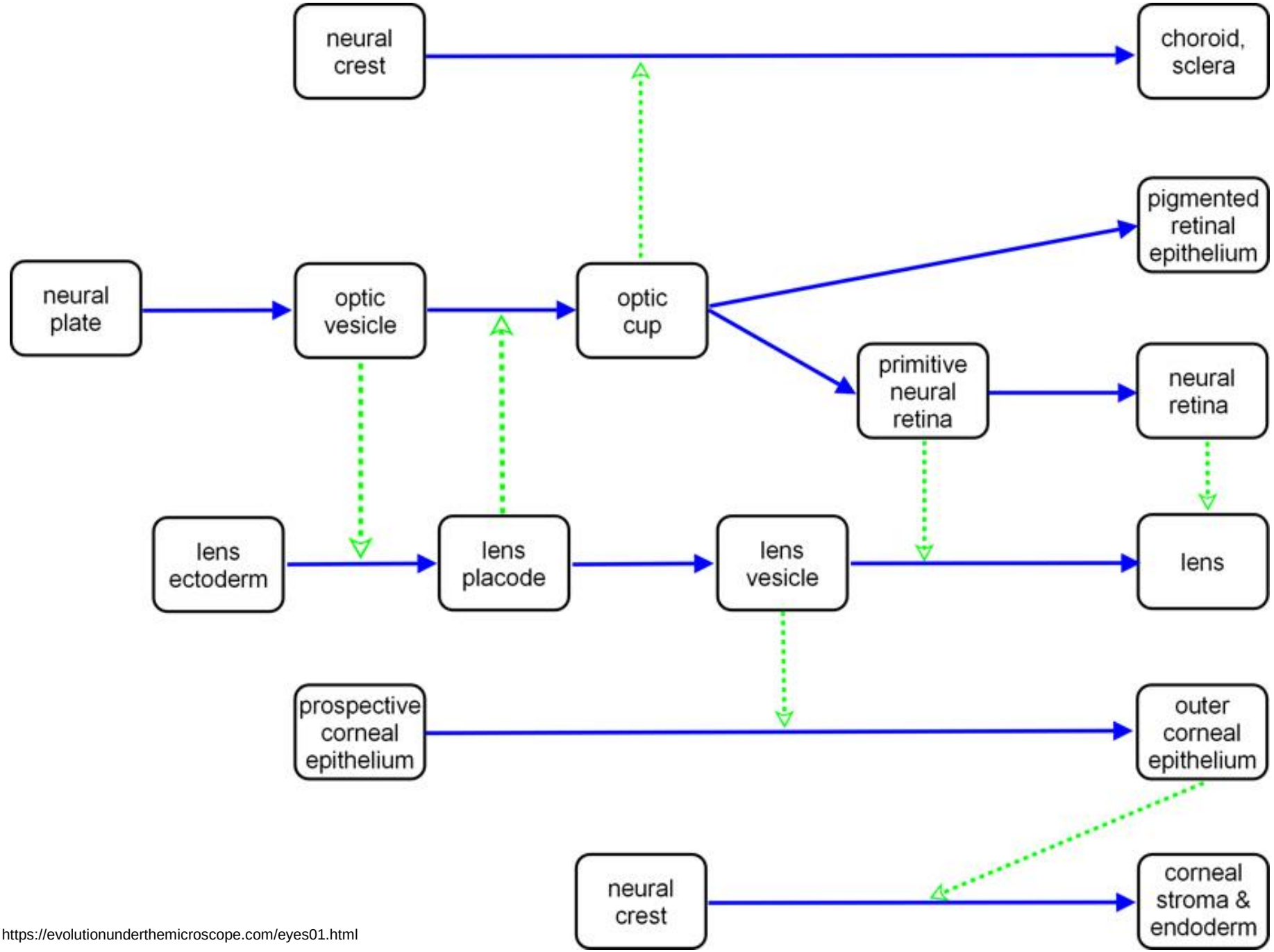
Figure 17.7. Section through the eye of a 15-week fetus showing the anterior chamber, iridopupillary membrane, inner and outer vascular layers, choroid, and sclera.

Vývoj očních komor

- přední komora
  - štěrbina mezi základem čočky a rohovky
- zadní komora
  - štěrbina v očním pohárku po stranách čočky

Vývoj rohovky, cévnatky a bělimy

- rohovka
  - povrchový ektoderm
  - mezenchym
  - buňky neurální lišty
- cévnatka a bělima
  - okolní mezenchym

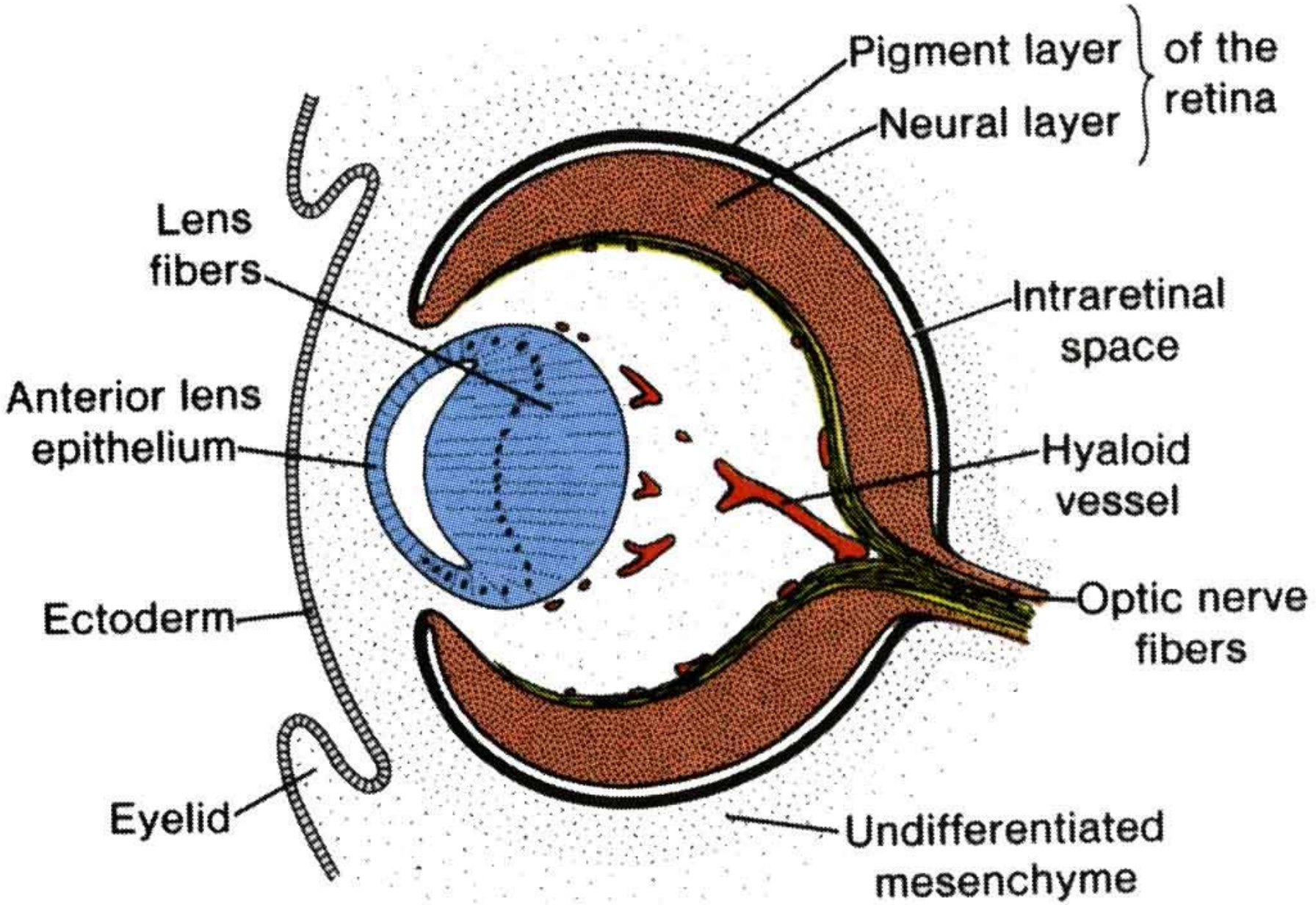


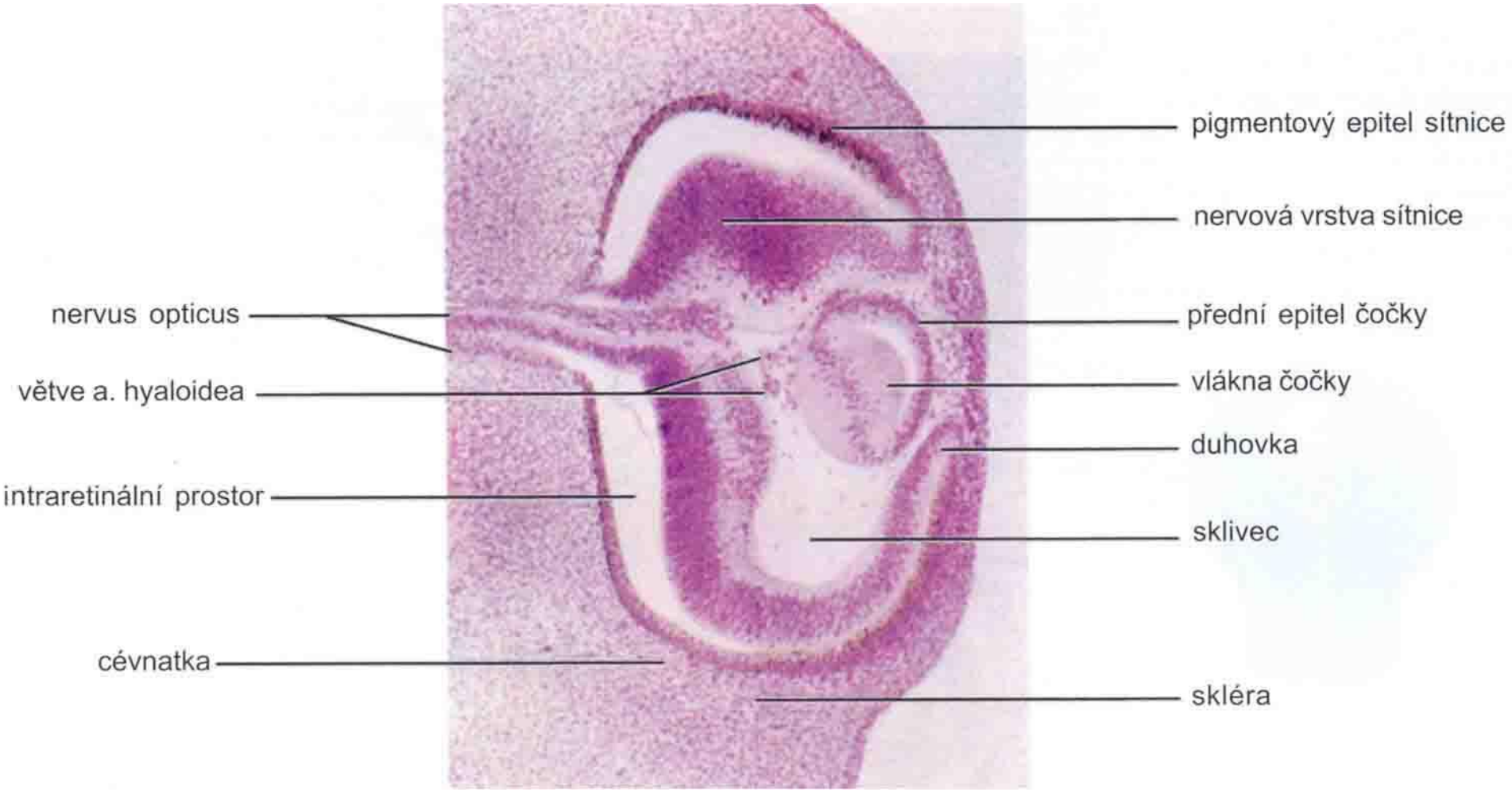
https://evolutionunderthemicroscope.com/eyes01.html

Vývoj sítnice

- vznik z očního pohárku
- vnější vrstva – pigmentový epitel
- vnitřní vrstva – proliferuje v pars nervosa
- intraretinální prostor – postupně mizí

- inverse sítnice

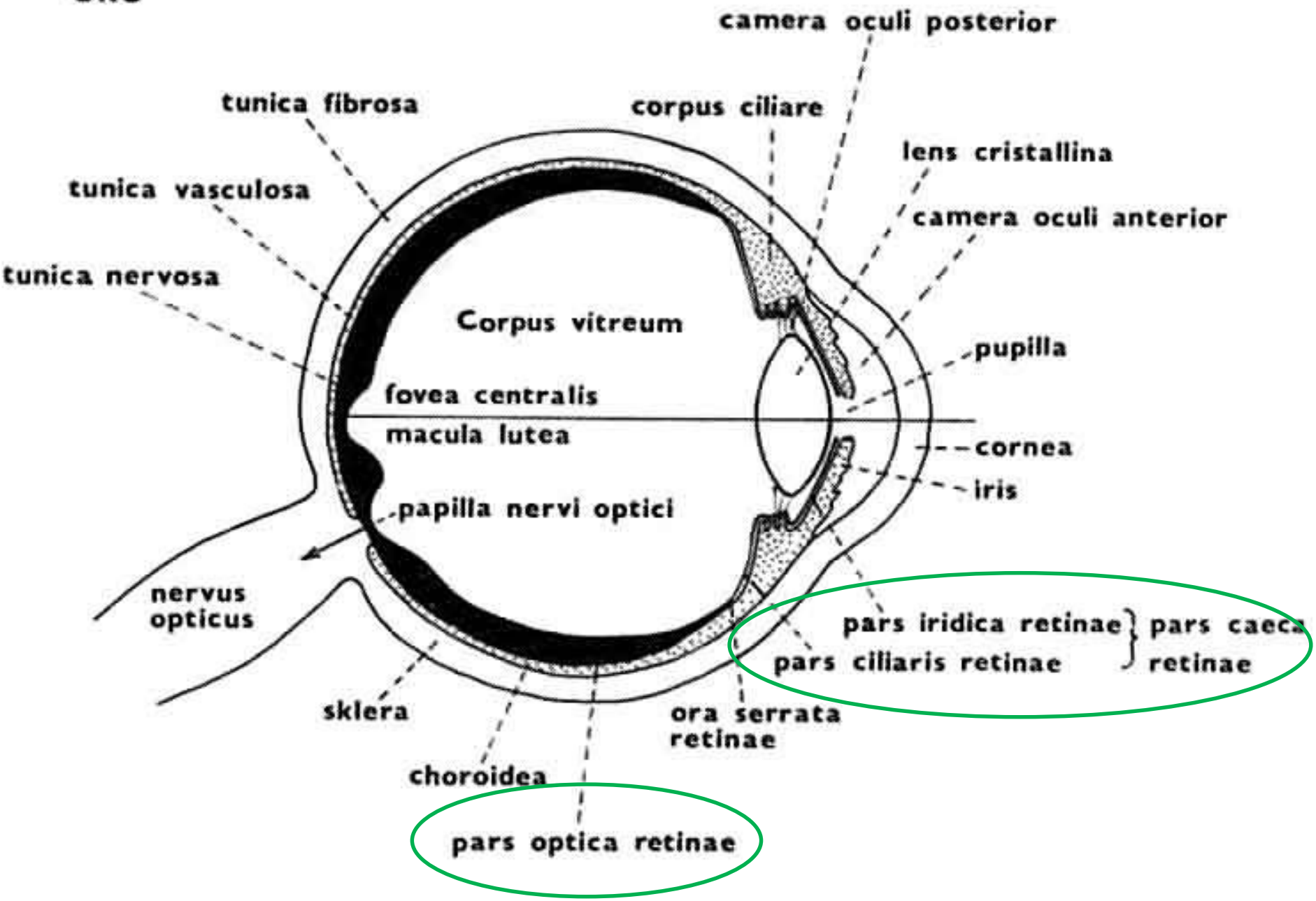

Pigment layer
Neural layer
of the retina
Lens fibers
Intraretinal space
Anterior lens epithelium
Hyaloid vessel
Ectoderm
Optic nerve fibers
Eyelid
Undifferentiated mesenchyme


pigmentový epitel sítnice
nervová vrstva sítnice
nervus opticus
přední epitel čočky
větve a. hyaloidea
vlákna čočky
duhovka
intraretinální prostor
sklivec
cévnatka
skléra

44 dní

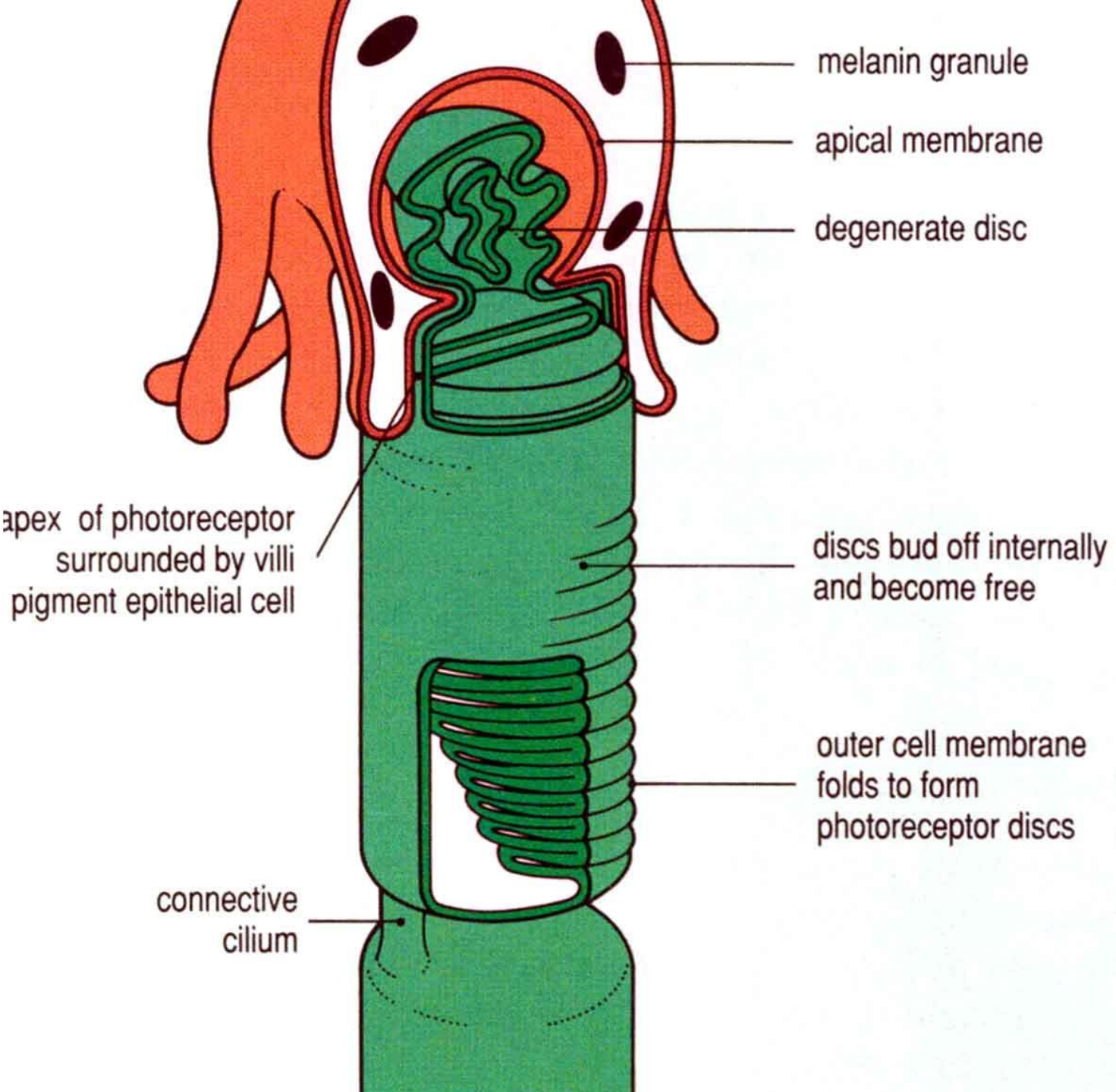
Tunica nervosa (sítnice, retina)

OKO

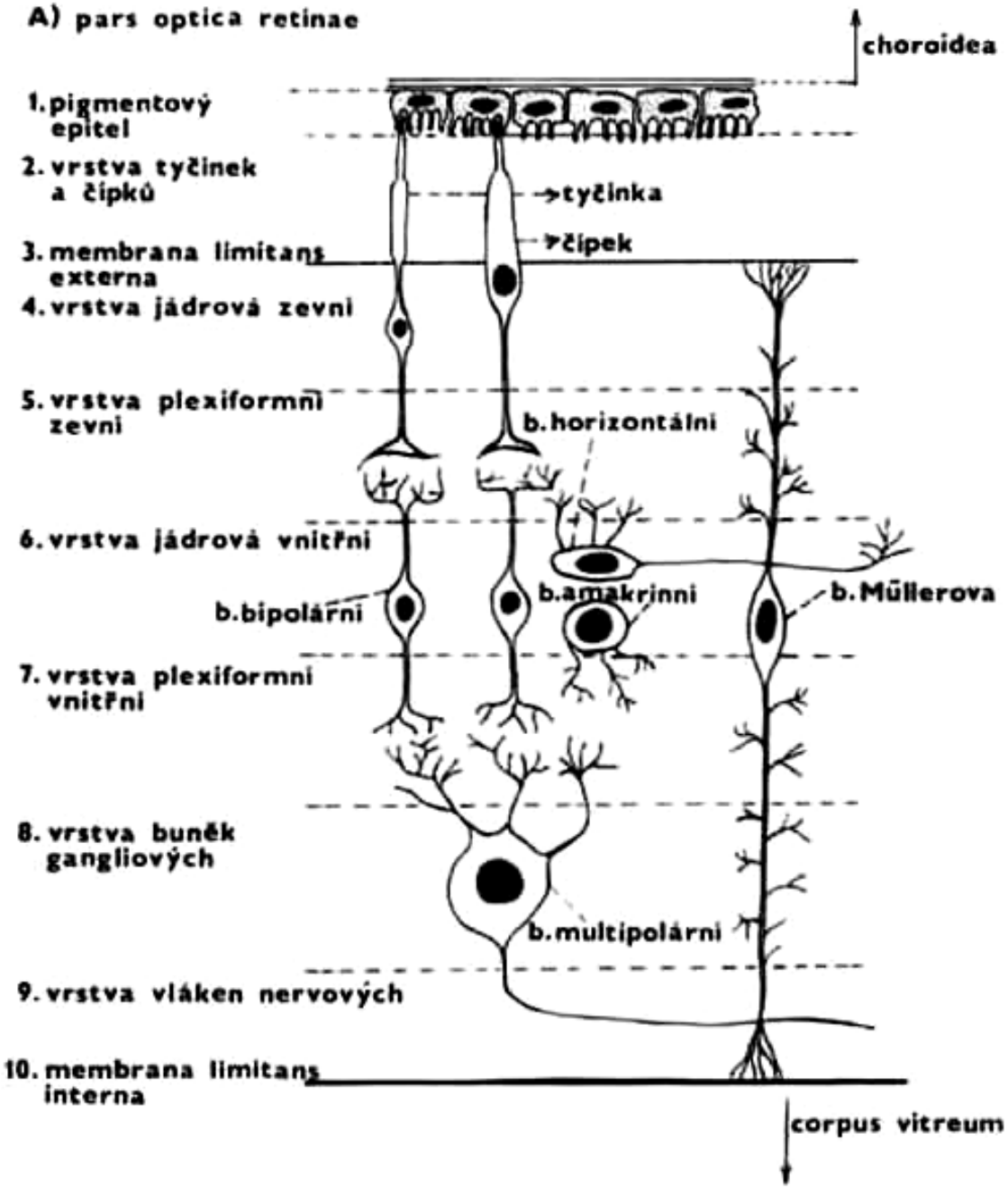

camera oculi posterior
tunica fibrosa
corpus ciliare
lens cristallina
tunica vasculosa
camera oculi anterior
tunica nervosa
Corpus vitreum
pupilla
fovea centralis
macula lutea
cornea
iris
papilla nervi optici
nervus opticus
pars iridica retinae
pars ciliaris retinae
pars caeca retinae
sklera
ora serrata retinae
choroidea
pars optica retinae

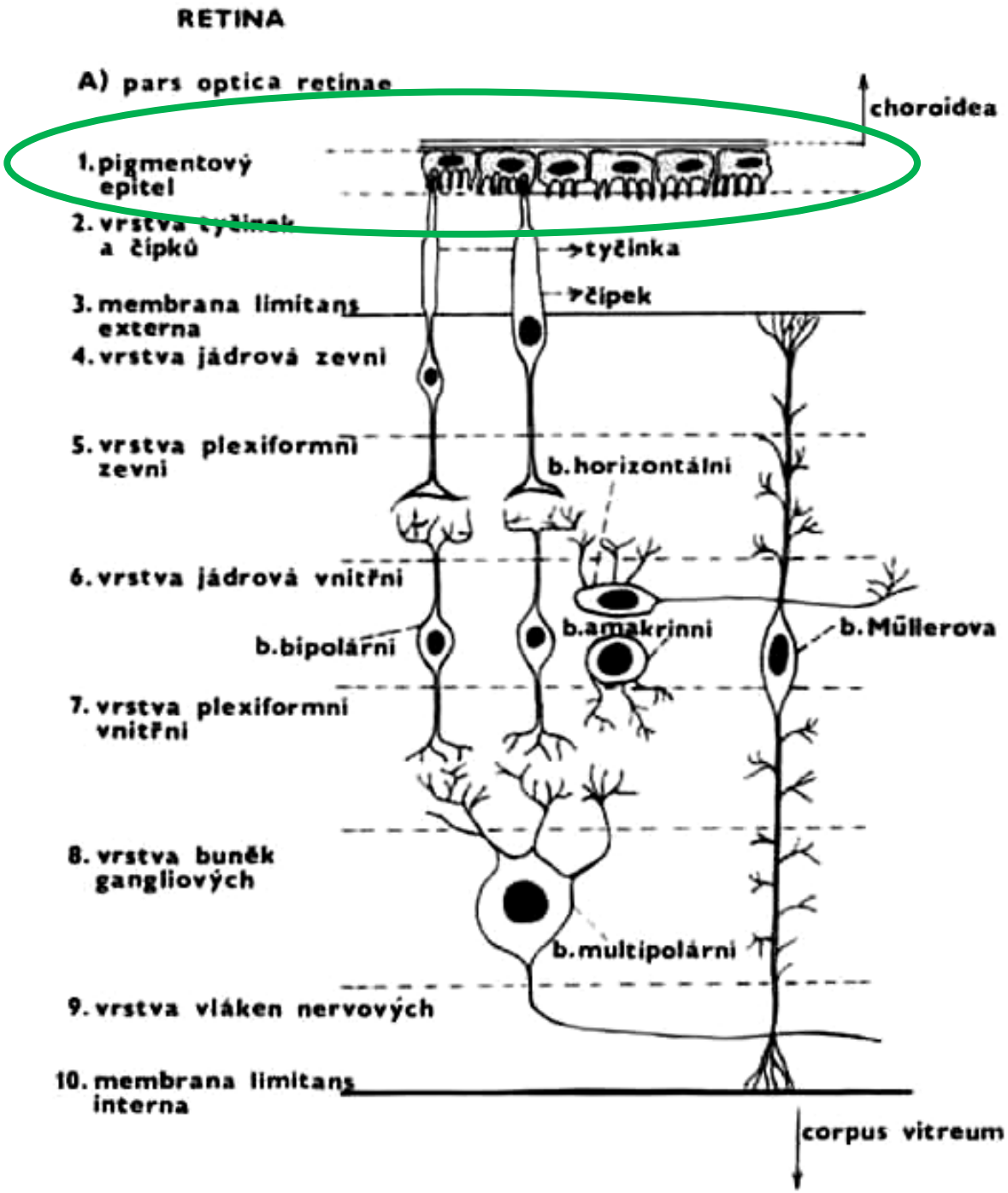
Tunica interna (nervosa) = Sítnice = Retina

- pars caeca
  - pars iridica (2 vrstvy – melanin; musculus dilatator pupillae – myofilamenta)
  - pars ciliaris (2 vrstvy – melanin; humor aquosus)
- ora serrata
- pars optica – 10 vrstev
  - pigmentová část
  - senzorická část


melanin granule
apical membrane
degenerate disc
apex of photoreceptor
surrounded by villi
pigment epithelial cell
discs bud off internally
and become free
outer cell membrane
folds to form
photoreceptor discs
connective
cilium

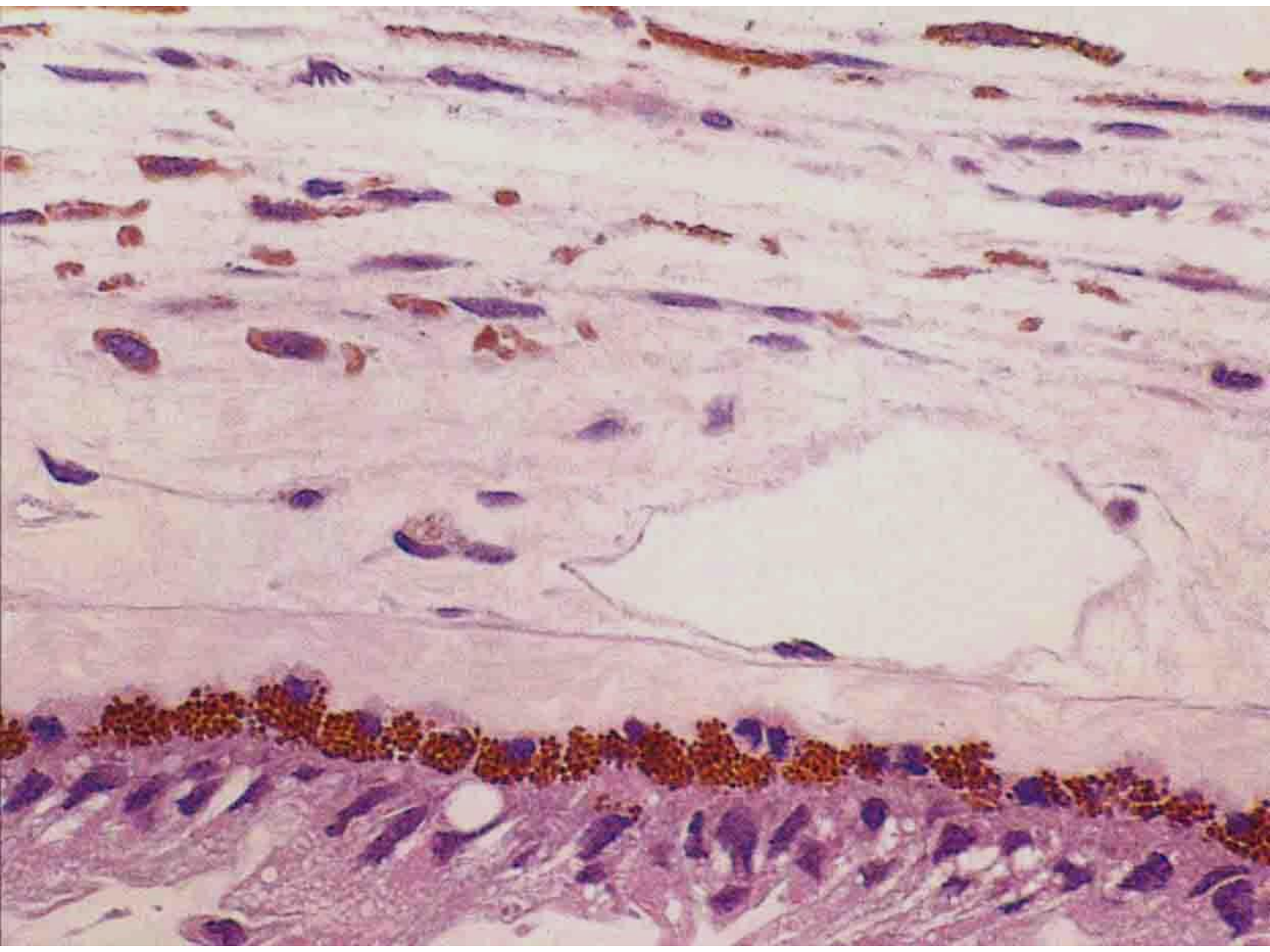
RETINA

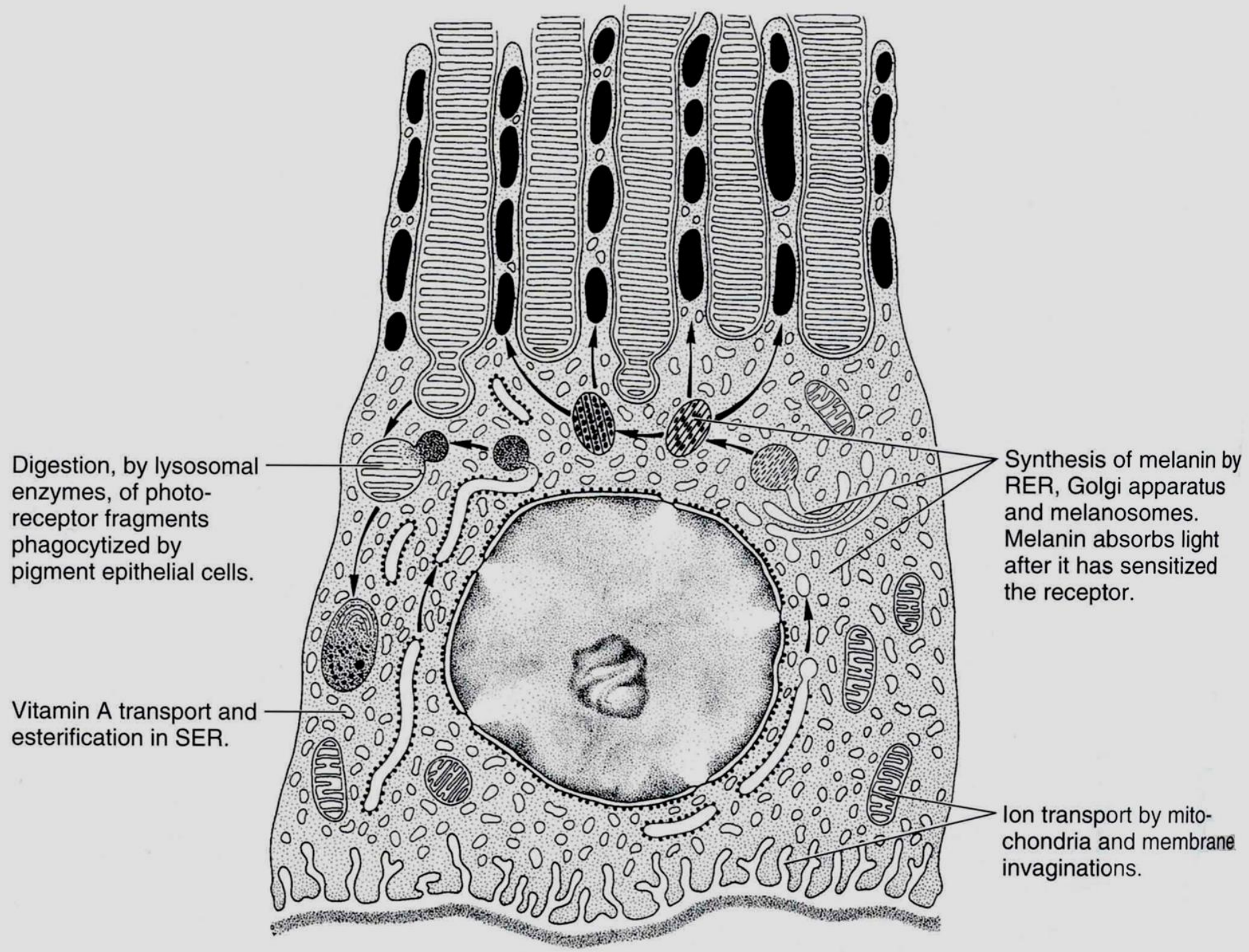

A) pars optica retinae
choroidea
1. pigmentový epitel
2. vrstva tyčinek a čípků
tyčinka
čípek
3. membrana limitans externa
4. vrstva jádrová zevní
5. vrstva plexiformní zevní
b. horizontální
6. vrstva jádrová vnitřní
b. bipolární
b. amakrinní
b. Müllerova
7. vrstva plexiformní vnitřní
8. vrstva buněk gangliových
b. multipolární
9. vrstva vláken nervových
10. membrana limitans interna
corpus vitreum

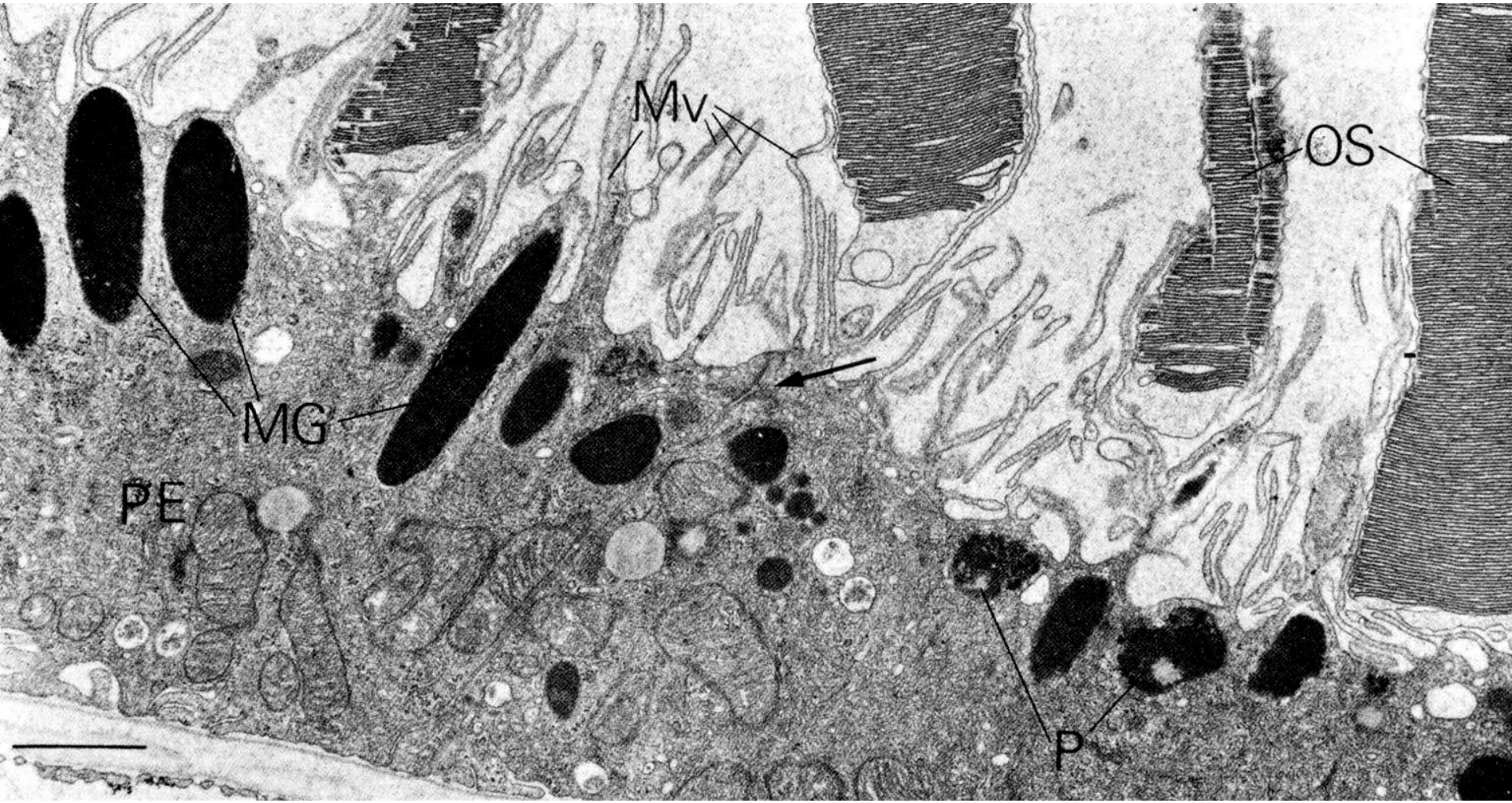

RETINA
A) pars optica retinae
choroidea
1. pigmentový epitel
2. vrstva tyčinek a čípků
tyčinka
čípek
3. membrana limitans externa
4. vrstva jádrová zevní
5. vrstva plexiformní zevní
b. horizontální
6. vrstva jádrová vnitřní
b. bipolární
b. amakrinní
b. Müllerova
7. vrstva plexiformní vnitřní
8. vrstva buněk gangliových
b. multipolární
9. vrstva vláken nervových
10. membrana limitans interna
corpus vitreum

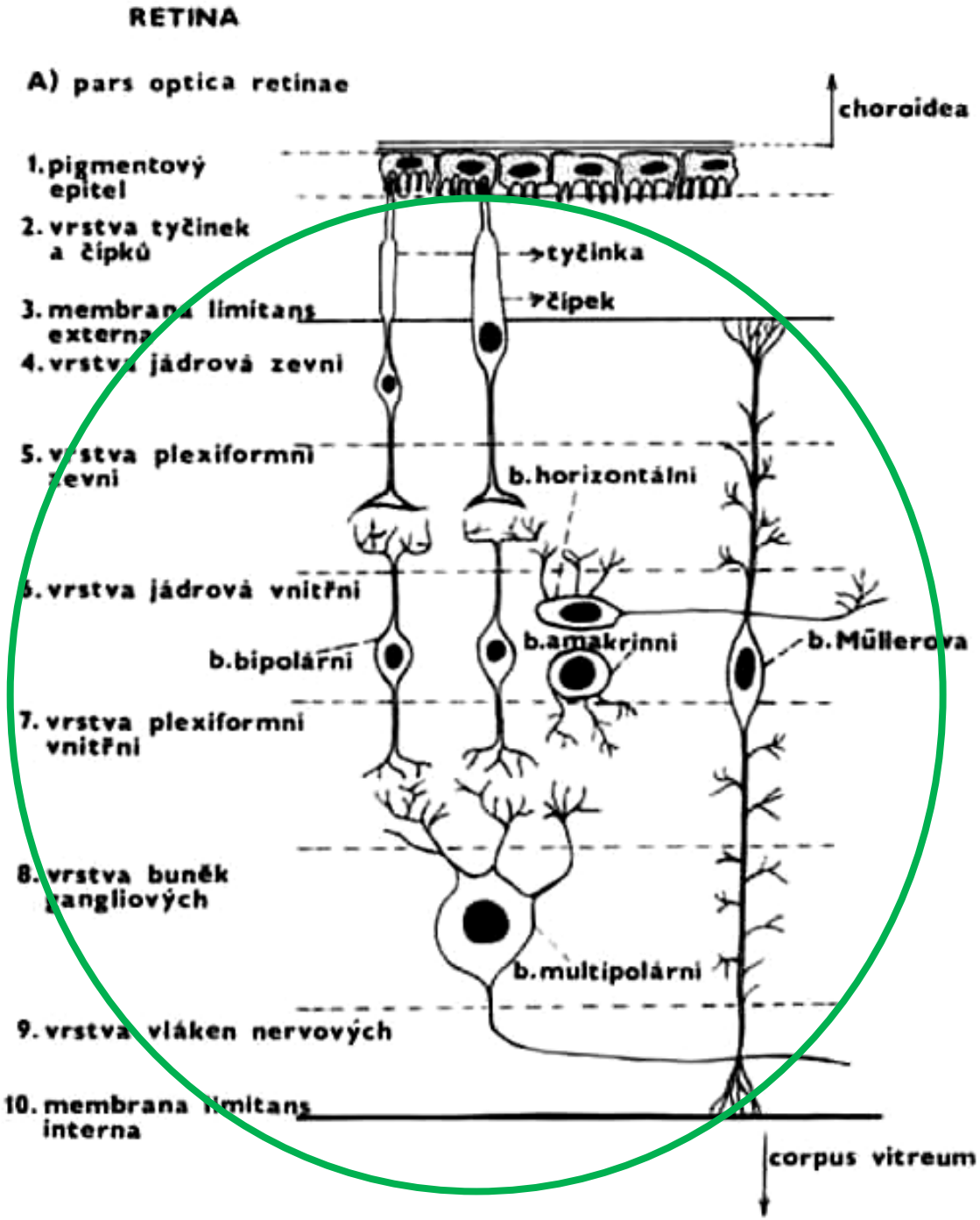
Sítnice – pigmentová část

- *stratum pigmentosum*
- jednovrstevný kubický epitel na bazální lamině = Bruchova membrána
- buňky spojeny těsnými spojeními
- apikální části obsahují melaninová granula
- mikroklky oddělují vnější segmenty světločivných buněk
- interfotoreceptorová matrix (IRBP)
- *výživa buněk, obnova fotopigmentu, degradace membranózních disků, bariéra „krev-sítnice“*




Digestion, by lysosomal enzymes, of photo-receptor fragments phagocytized by pigment epithelial cells.
Vitamin A transport and esterification in SER.
Synthesis of melanin by RER, Golgi apparatus and melanosomes. Melanin absorbs light after it has sensitized the receptor.
Ion transport by mito-chondria and membrane invaginations.

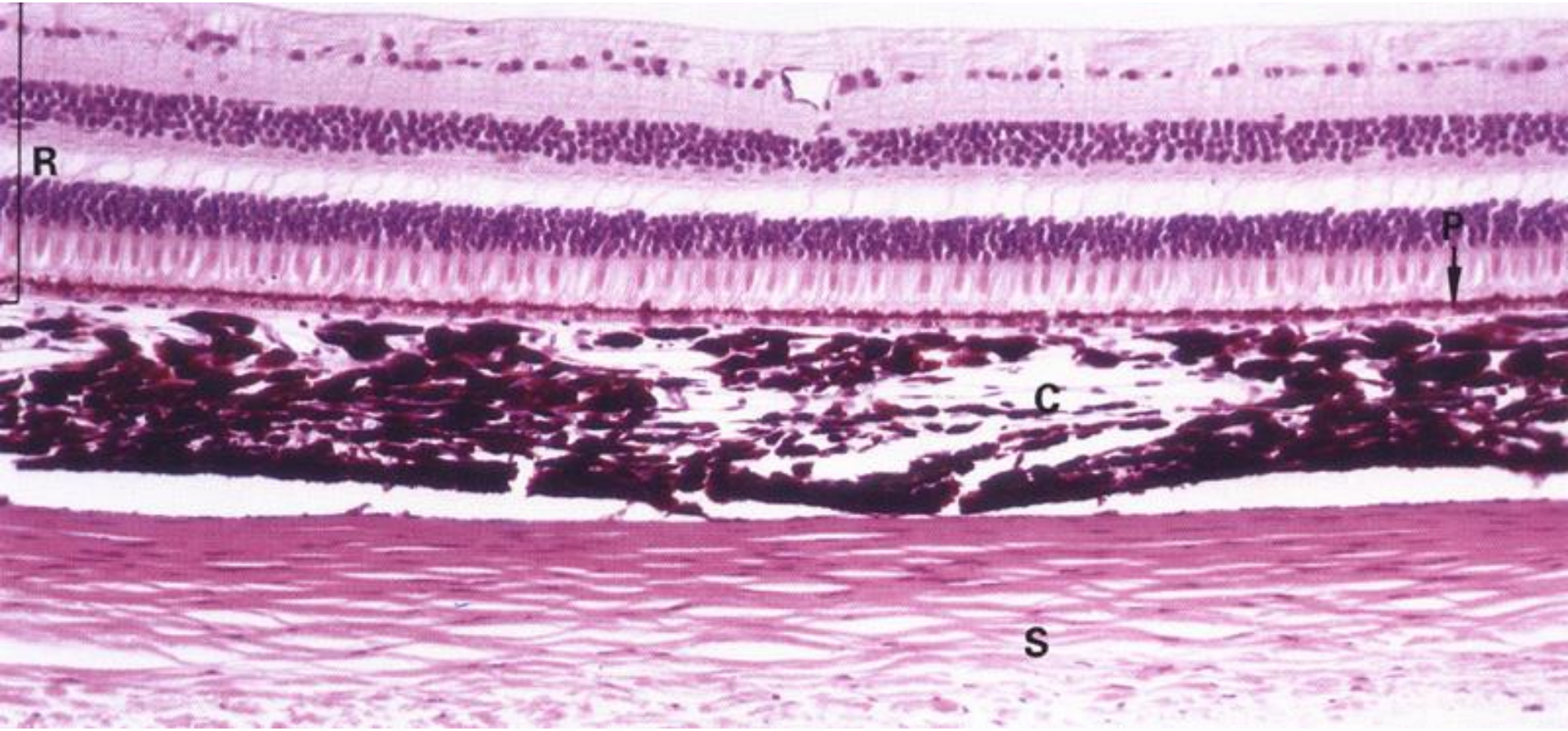

Mv
OS
MG
PE
P


RETINA
A) pars optica retinae
choroidea
1. pigmentový epitel
2. vrstva tyčinek a čípků
tyčinka
čípek
3. membrana limitans externa
4. vrstva jádrová zevní
5. vrstva plexiformní zevní
b. horizontální
6. vrstva jádrová vnitřní
b. bipolární
b. amakrinní
b. Müllerova
7. vrstva plexiformní vnitřní
8. vrstva buněk gangliových
b. multipolární
9. vrstva vláken nervových
10. membrana limitans interna
corpus vitreum

Sítnice – senzorická část

- světločivné neurony
  - tyčinky a čípky
- převodní neurony
  - bipolární a ganglionové buňky
- asociační neurony
  - horizontální a amakrinní buňky
- podpůrné buňky (glie)
  - radiální gliální (Müllerovy) buňky

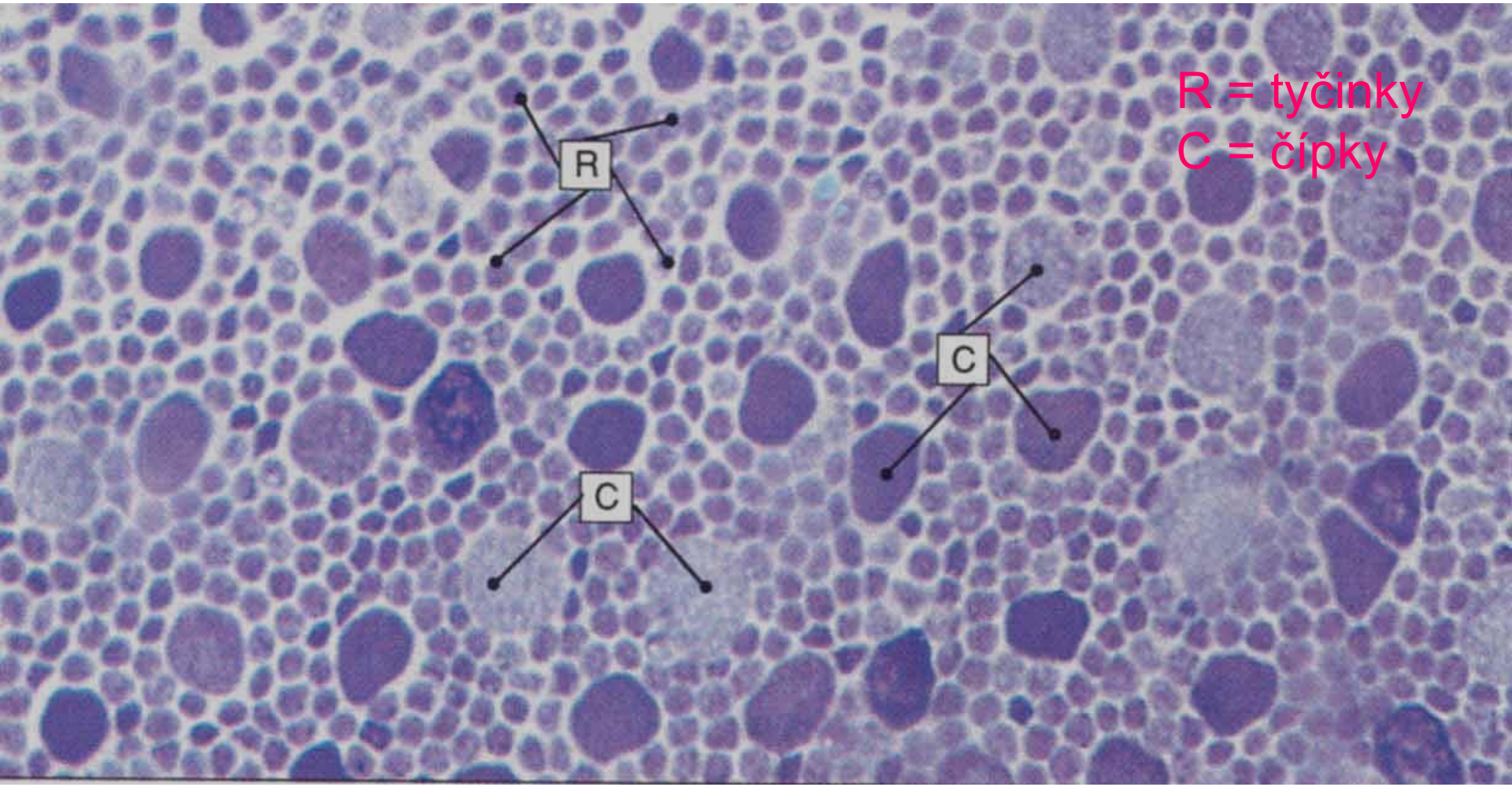
Řez vrstvami stěny oční koule



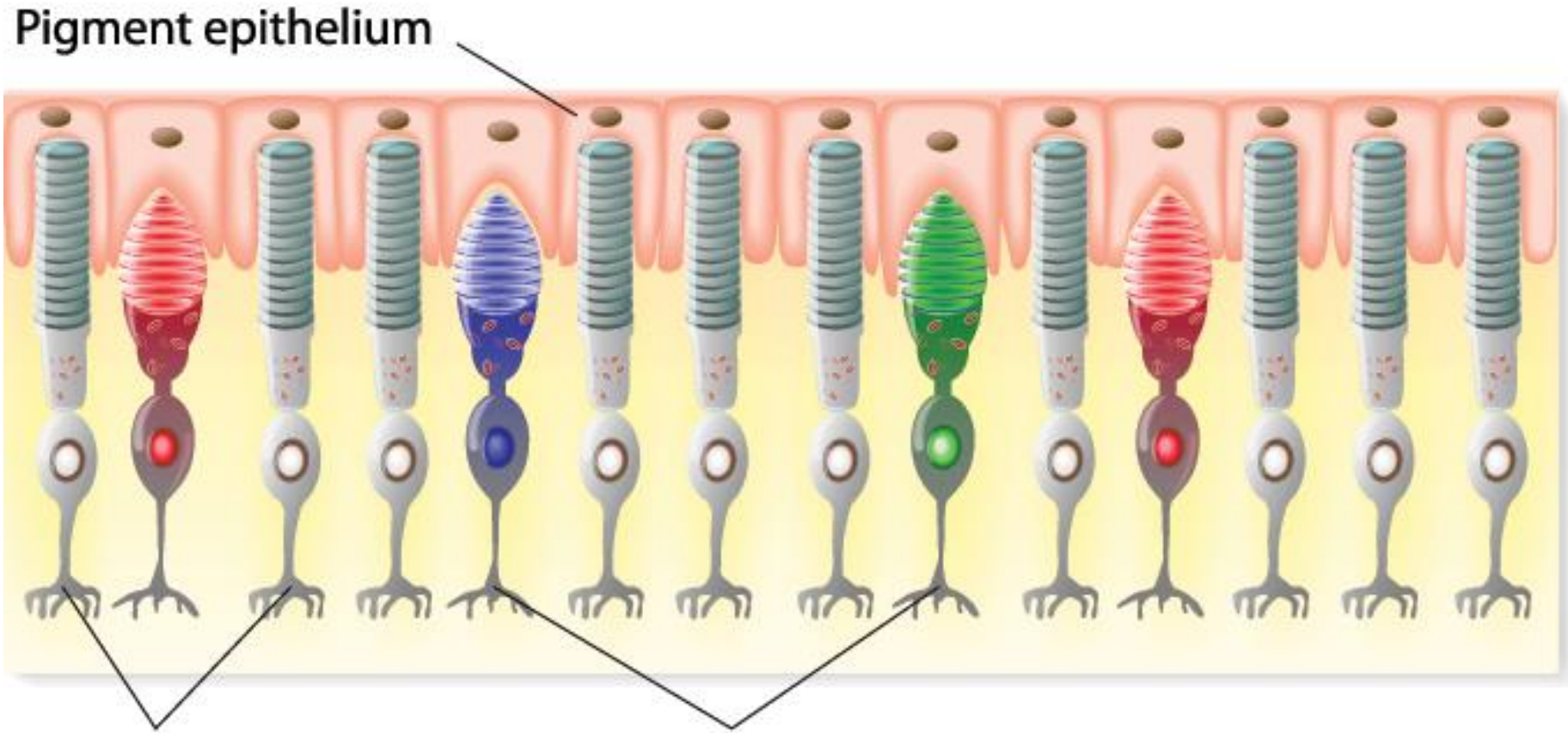
Vizuální fotorecepce – ciliární fotoreceptory

tyčinky - rhodopsin (zrakový purpur)

čípky - iodopsin, 3 formy
430 nm - fialová
530 nm - modrozelená
560 nm - žlutozelená



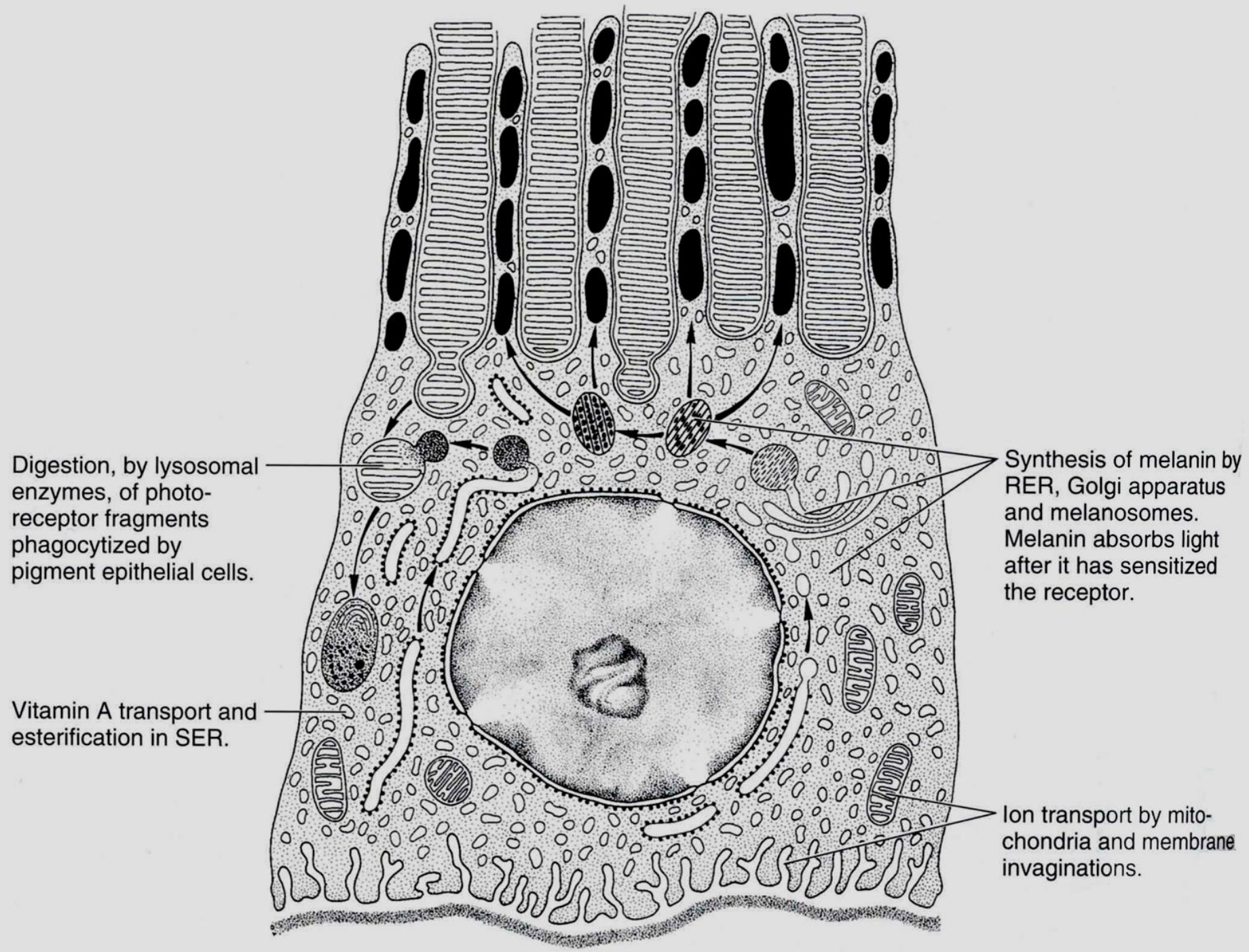
The Eyes' Photoreceptors

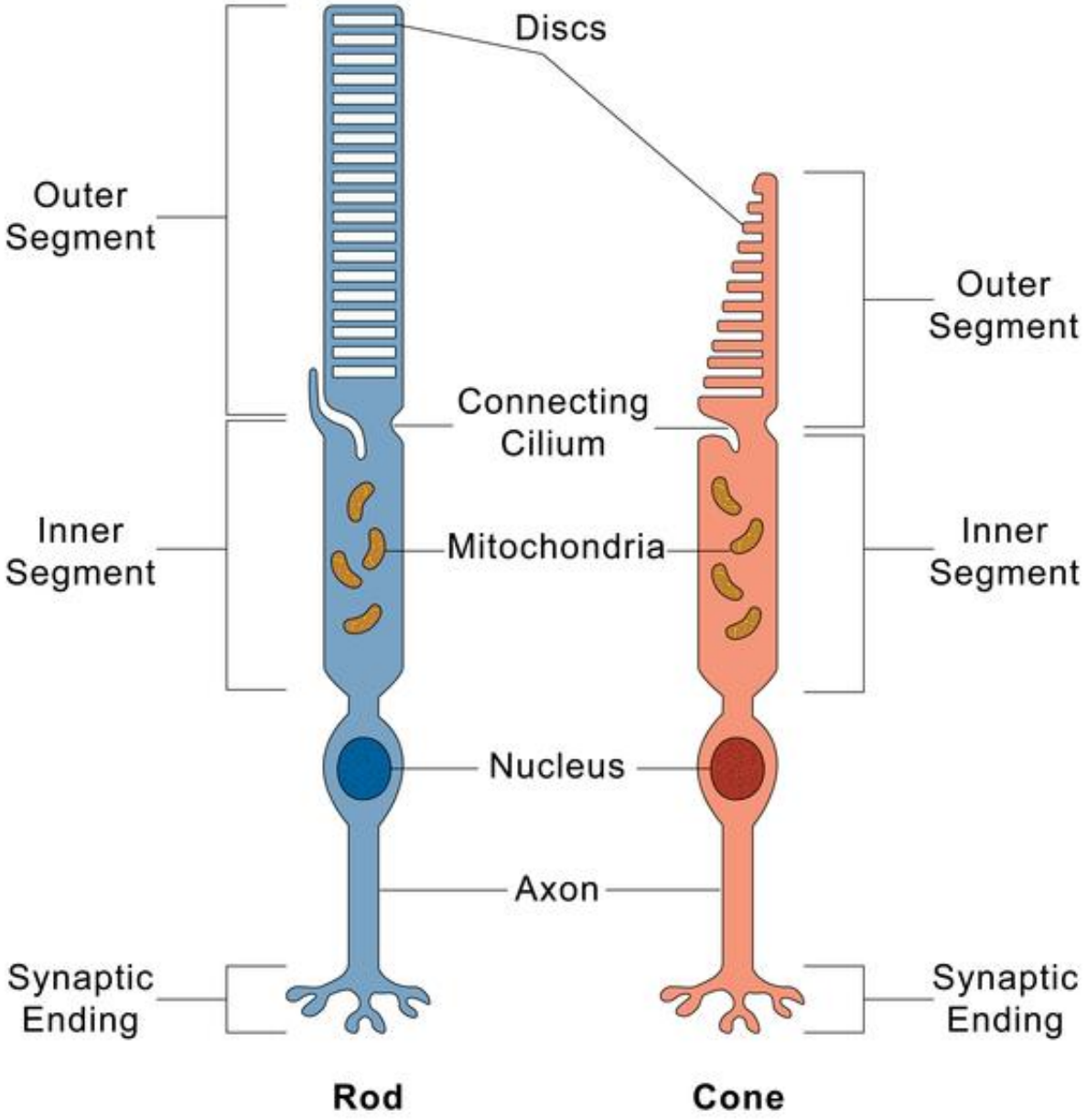


130 mil.

7 mil.

https://www.sciencenewsforstudents.org/article/explainer-how-our-eyes-make-sense-of-light


Digestion, by lysosomal enzymes, of photo-receptor fragments phagocytized by pigment epithelial cells.
Vitamin A transport and esterification in SER.
Synthesis of melanin by RER, Golgi apparatus and melanosomes. Melanin absorbs light after it has sensitized the receptor.
Ion transport by mito-chondria and membrane invaginations.


Discs
Outer Segment
Connecting Cilium
Inner Segment
Mitochondria
Nucleus
Axon
Synaptic Ending
Rod
Cone
Outer Segment
Inner Segment
Synaptic Ending

Tyčinka Čípek

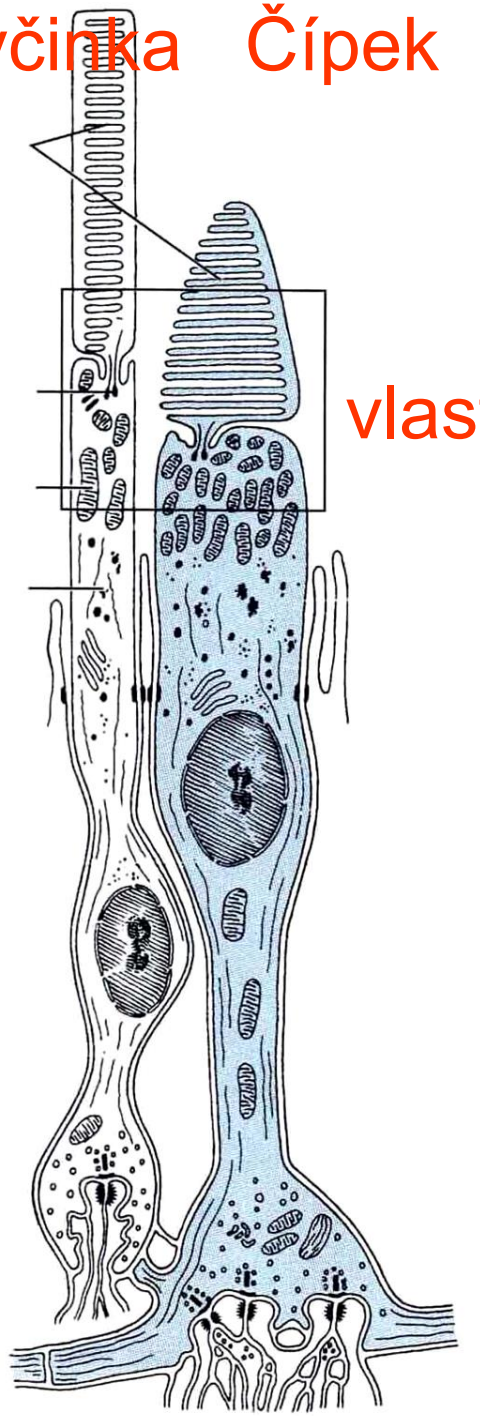
zevní segment

konstrikce

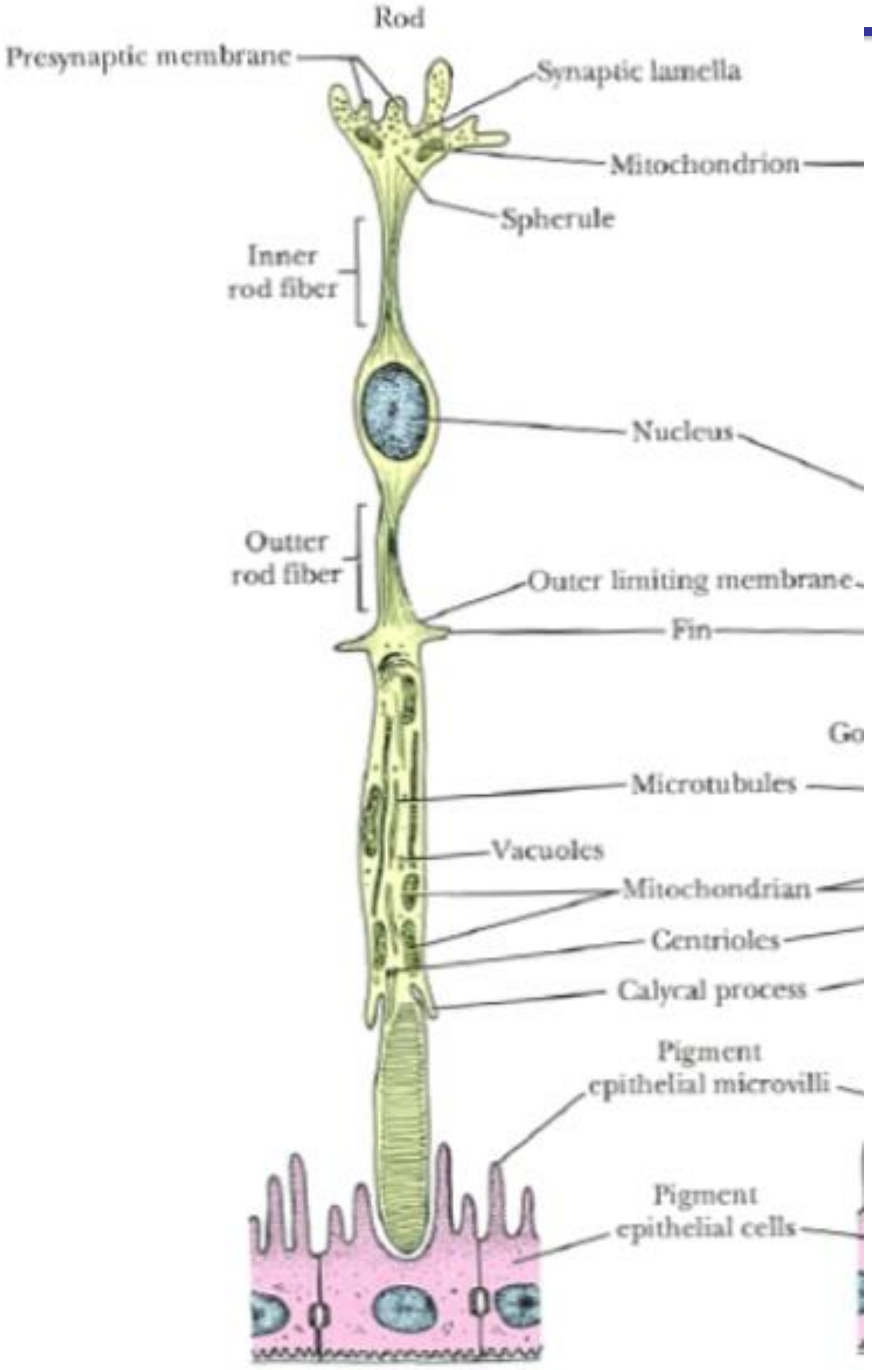
vnitřní segment

oblast jádra

oblast synapsí

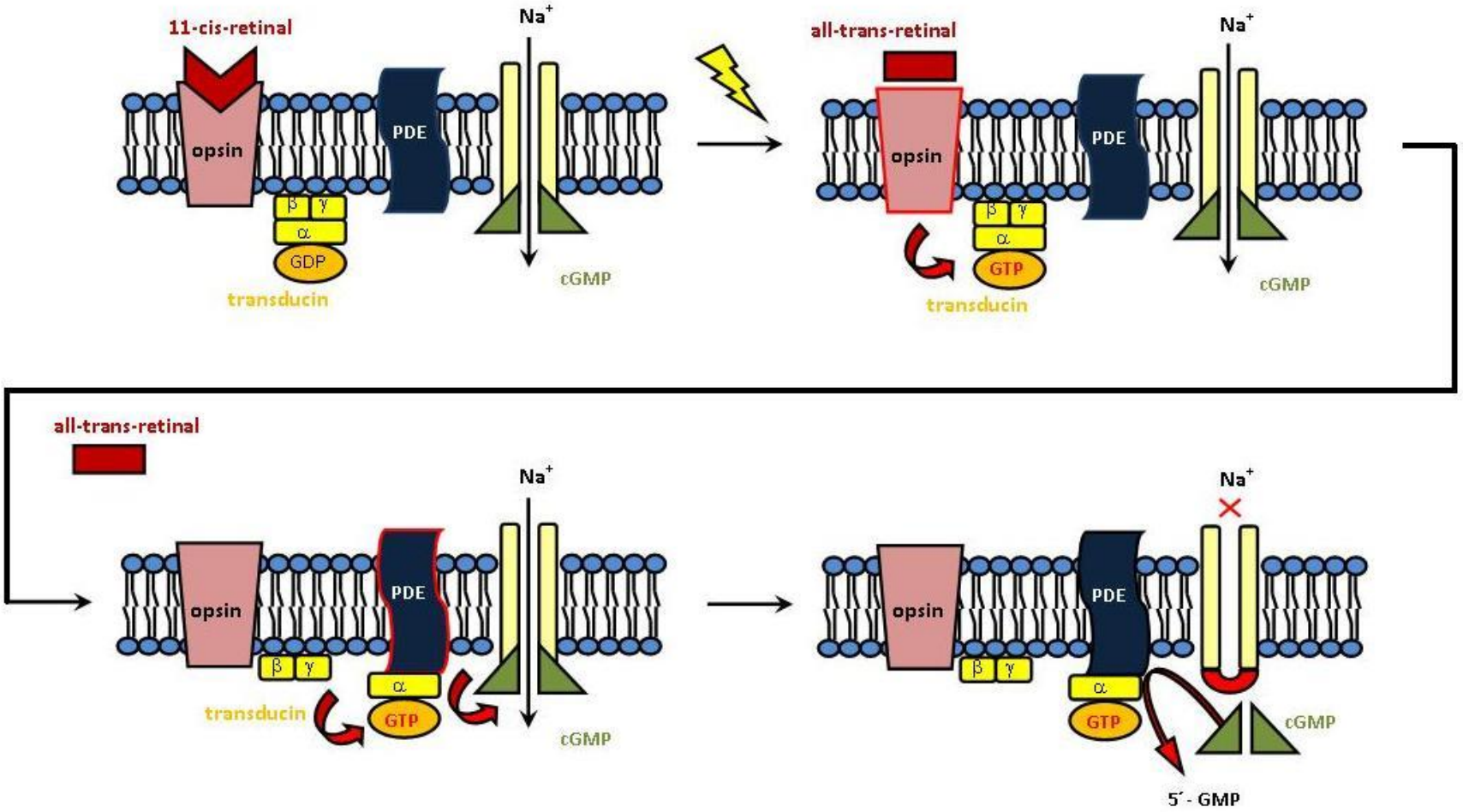


vlastní tyčinka (čípek)



Tyčinky *černobílé vidění*

- tyčinka = *bacillum retinae*
- spherula – synaptické zakončení
- axonální výběžek
- jádro
- vnitřní segment
  - GA, ER, MIT; syntéza ATP a rhodopsinu
  - myoideum (glykogen) + ellipsoideum (mitochondrie)
- můstek – pozměněná řasinka
- vnější segment
  - membranózní disky s fotopigmentem
  - migrují zevně, až se uvolní



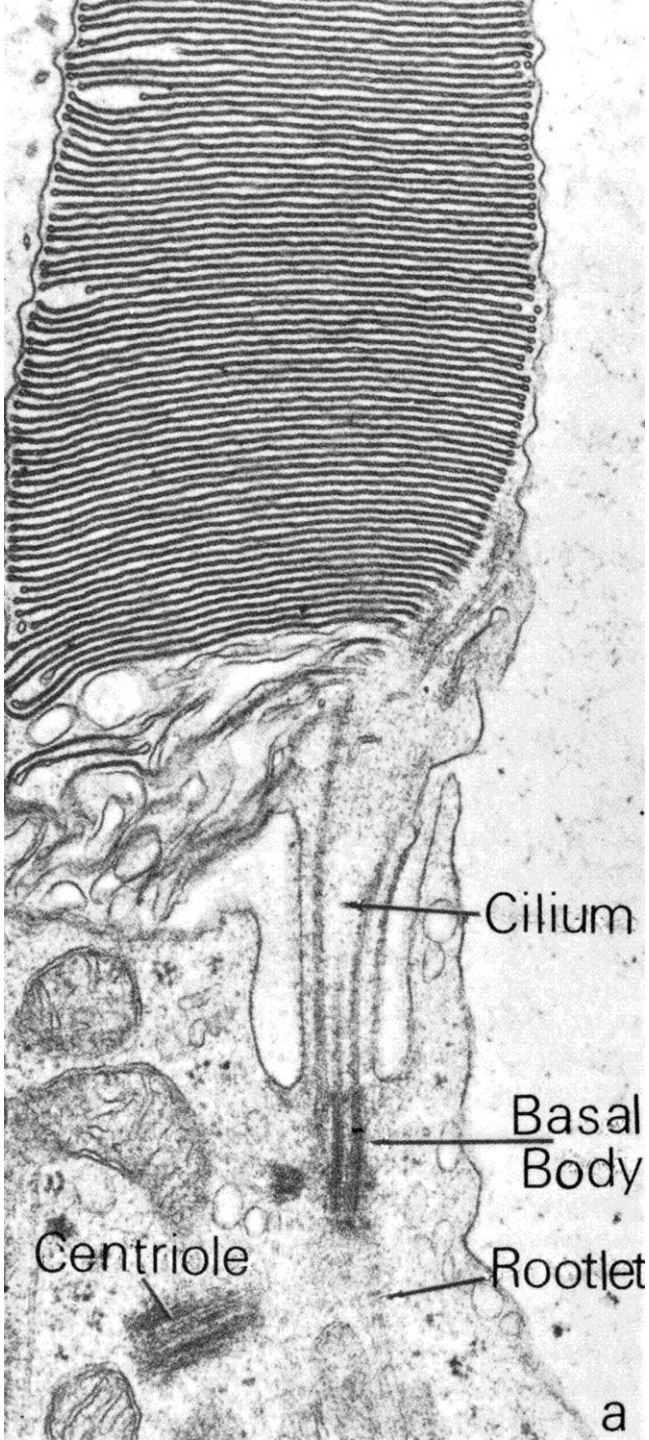
https://www.wikiskripta.eu/index.php?curid=14578

Tyčinka

zevní segment

konstrikce (ciliární aparát)

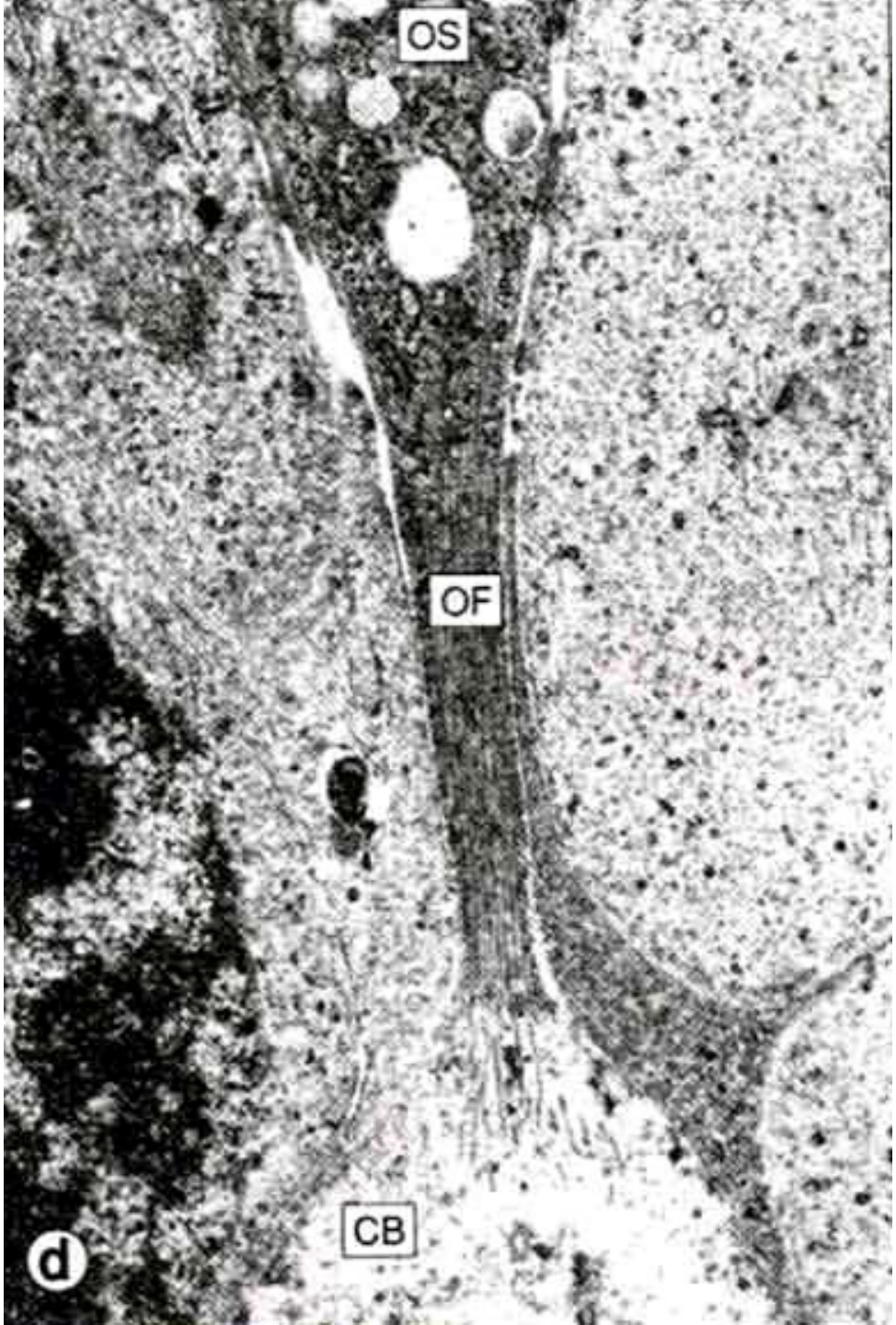
vnitřní segment



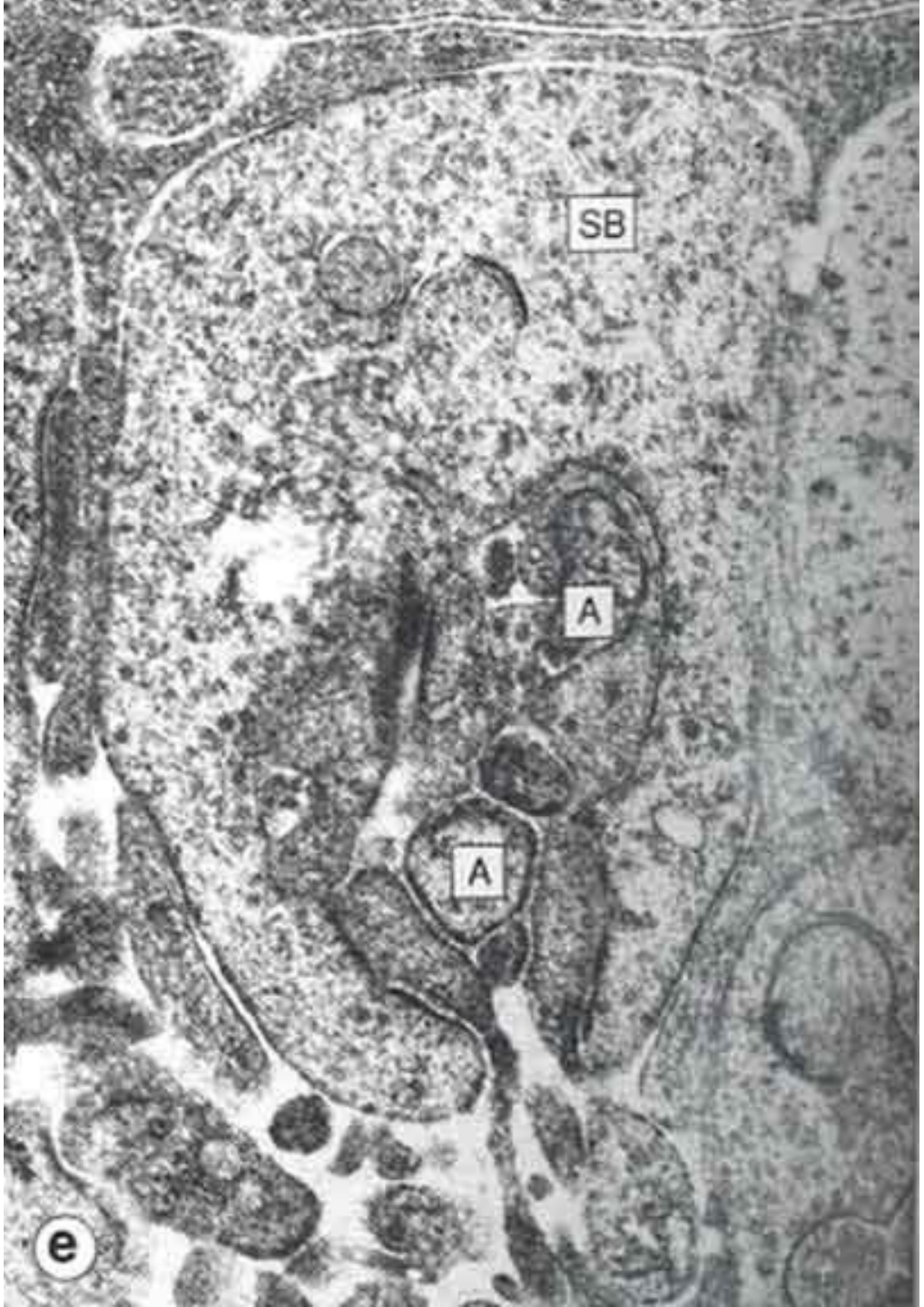
vnitřní segment

zúžená část vnitřního segmentu

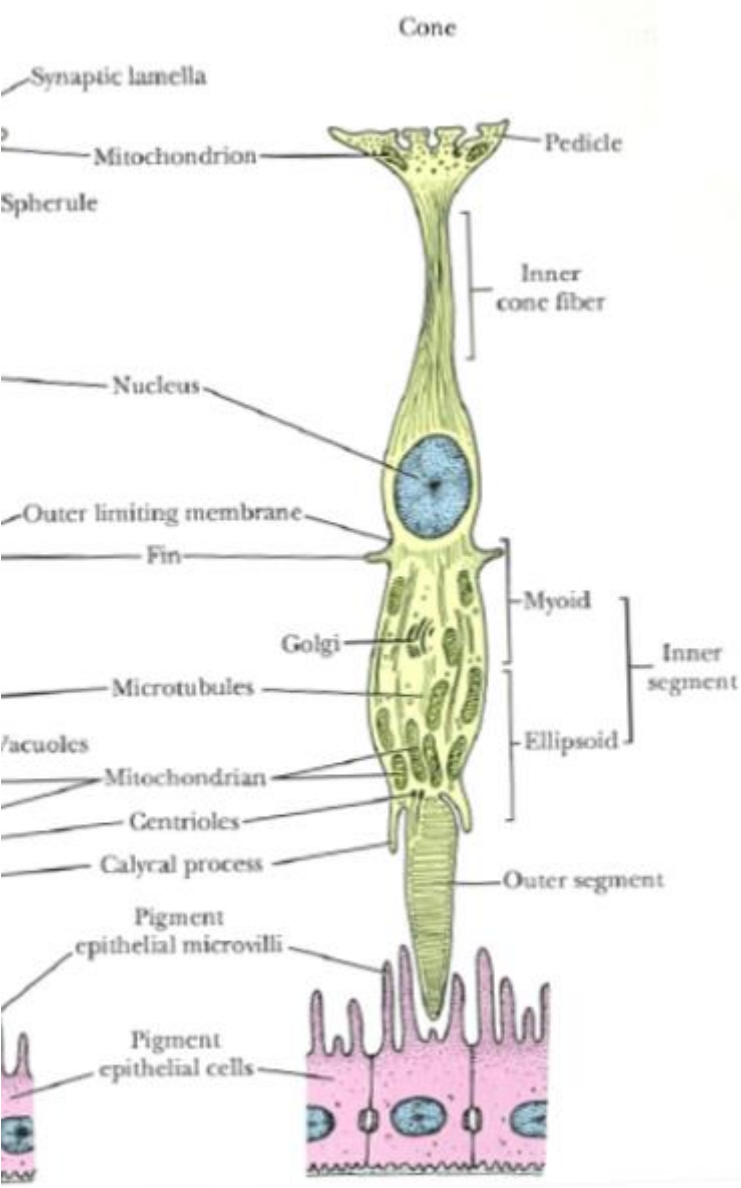
oblast jádra



oblast synapsí



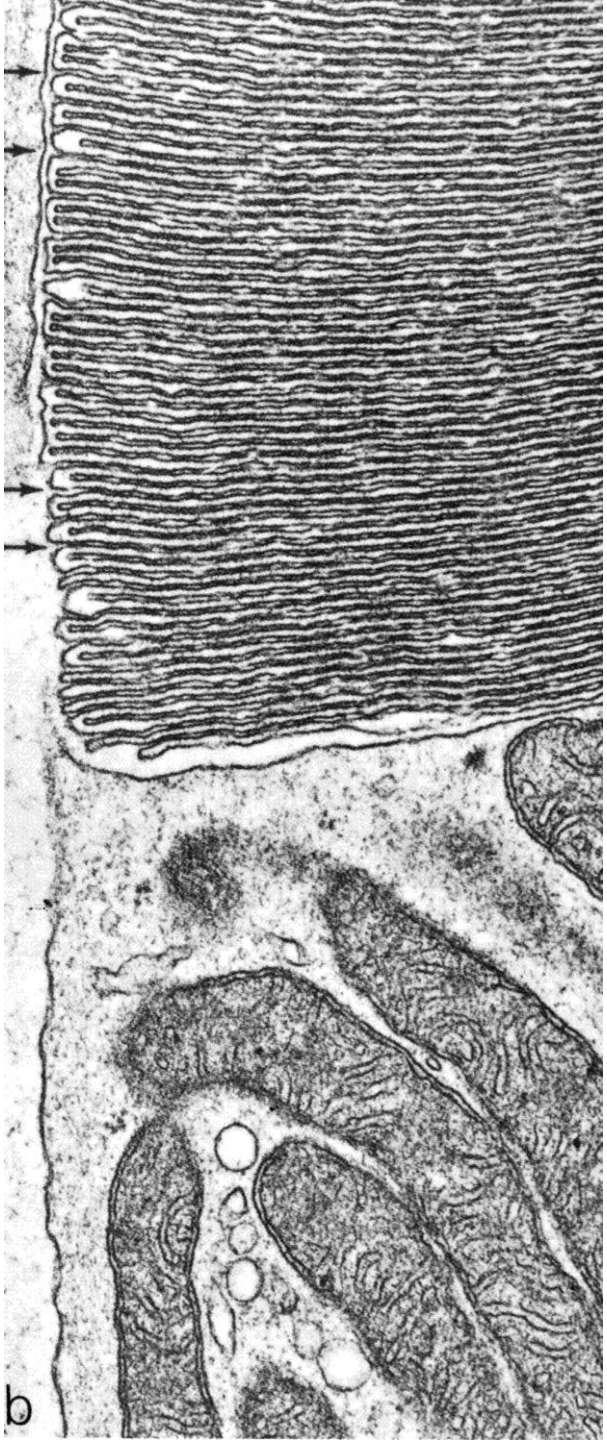
Čípky



- čípek = *conus retinae*
- synaptická nožka (*pes terminalis*)
- fotopigment je iodopsin
- vnější segment
  - membranózní disky s fotopigmentem
    - komunikují s okolím

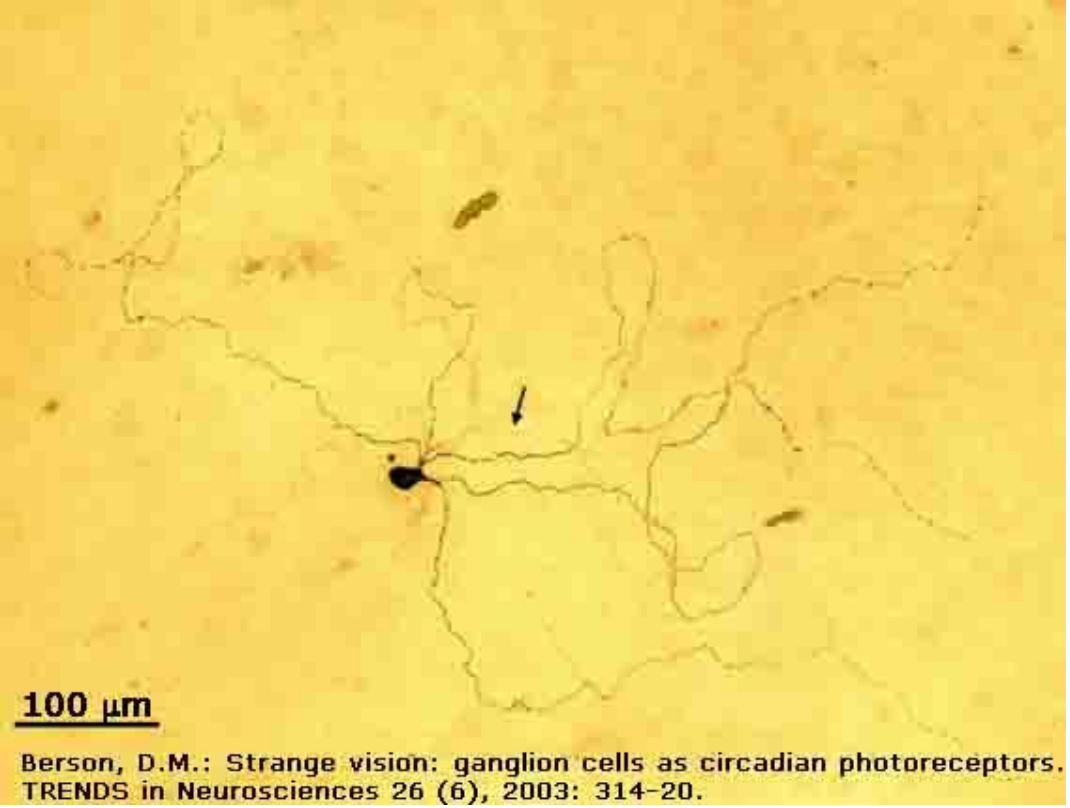
- *barevné vidění* – tři typy čípků – podle vlnové délky
  - „modré“ – 420 nm – typ S
  - „zelené“ – 535 nm – typ M
  - „červené“ – 565 nm – typ L

Čípek

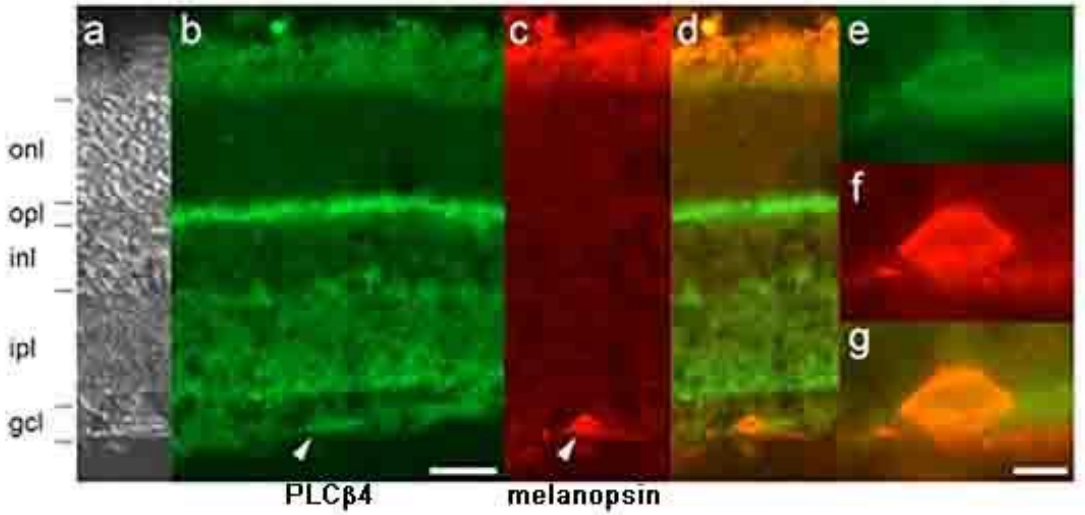


Nevizuální fotorecepce

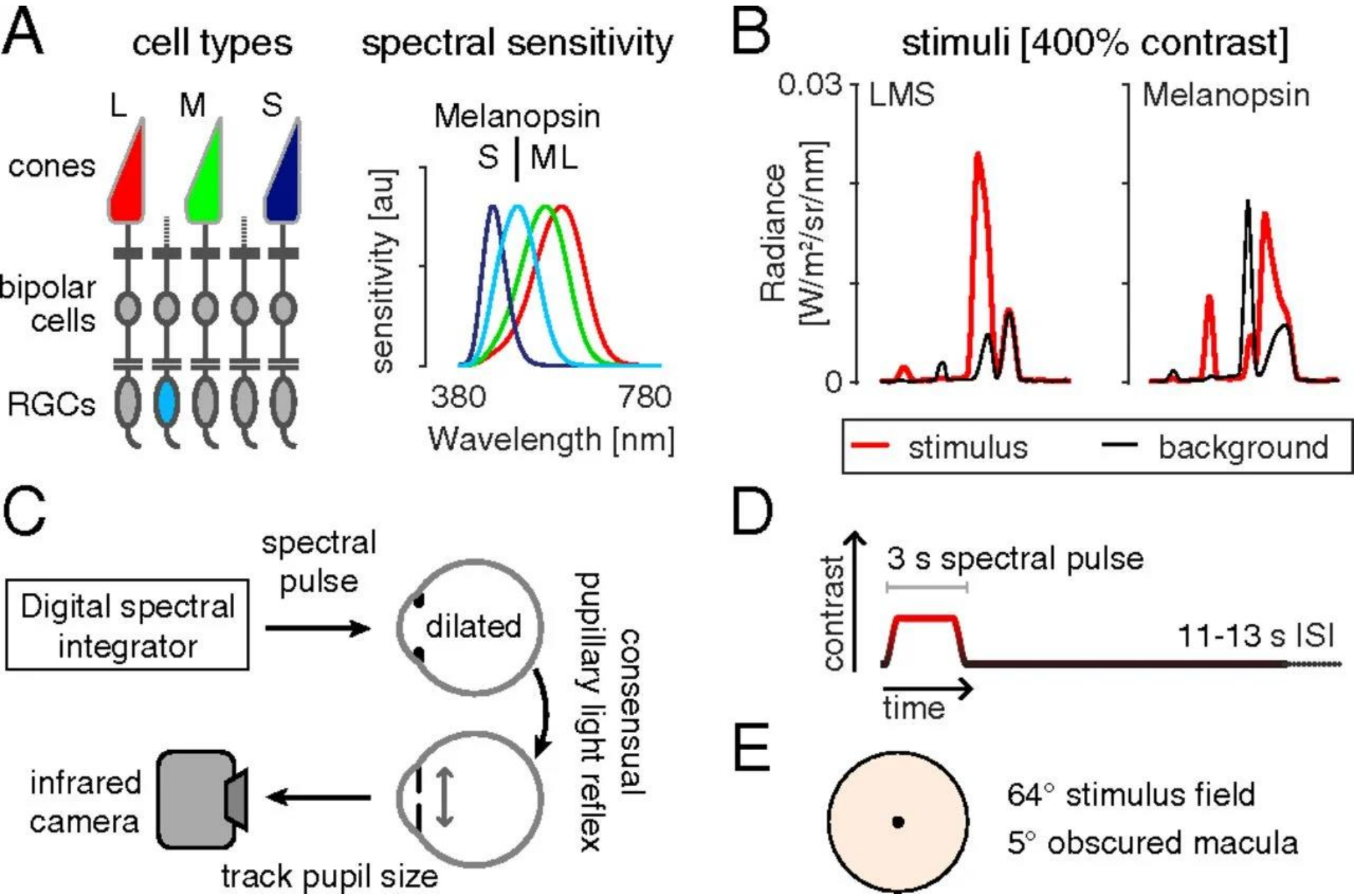
světlopřenášející gangliové buňky - melanopsin



Berson, D.M.: Strange vision: ganglion cells as circadian photoreceptors. TRENDS in Neurosciences 26 (6), 2003: 314–20.



Graham, D.M.: Melanopsin Ganglion Cells: A Bit of Fly in the Mammalian Eye. Webvision - The Organization of the Retina and Visual System, 2011.



Spitschan M, Bock AS, Ryan J, Frazzetta G, Brainard DH, Aguirre GK. The human visual cortex response to melanopsin-directed stimulation is accompanied by a distinct perceptual experience. Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Nov 14;114(46):12291-12296. doi: 10.1073/pnas.1711522114. Epub 2017 Oct 31. PMID: 29087940; PMCID: PMC5699066.

It is famous for the big development of the "third eye" on the head, visible in the young, called parietal eye © Southland Museum & Art Gallery, Invercargill

https://www.monaconatureencyclopedia.com/rhynchocephalia/?lang=en

Člověk a ostatní primáti vnímají barvy od modré po červenou (tedy světlo s vlnovou délkou zhruba od 400 do 700 nm).

Pes vidí dobře červenou a žlutou barvu.

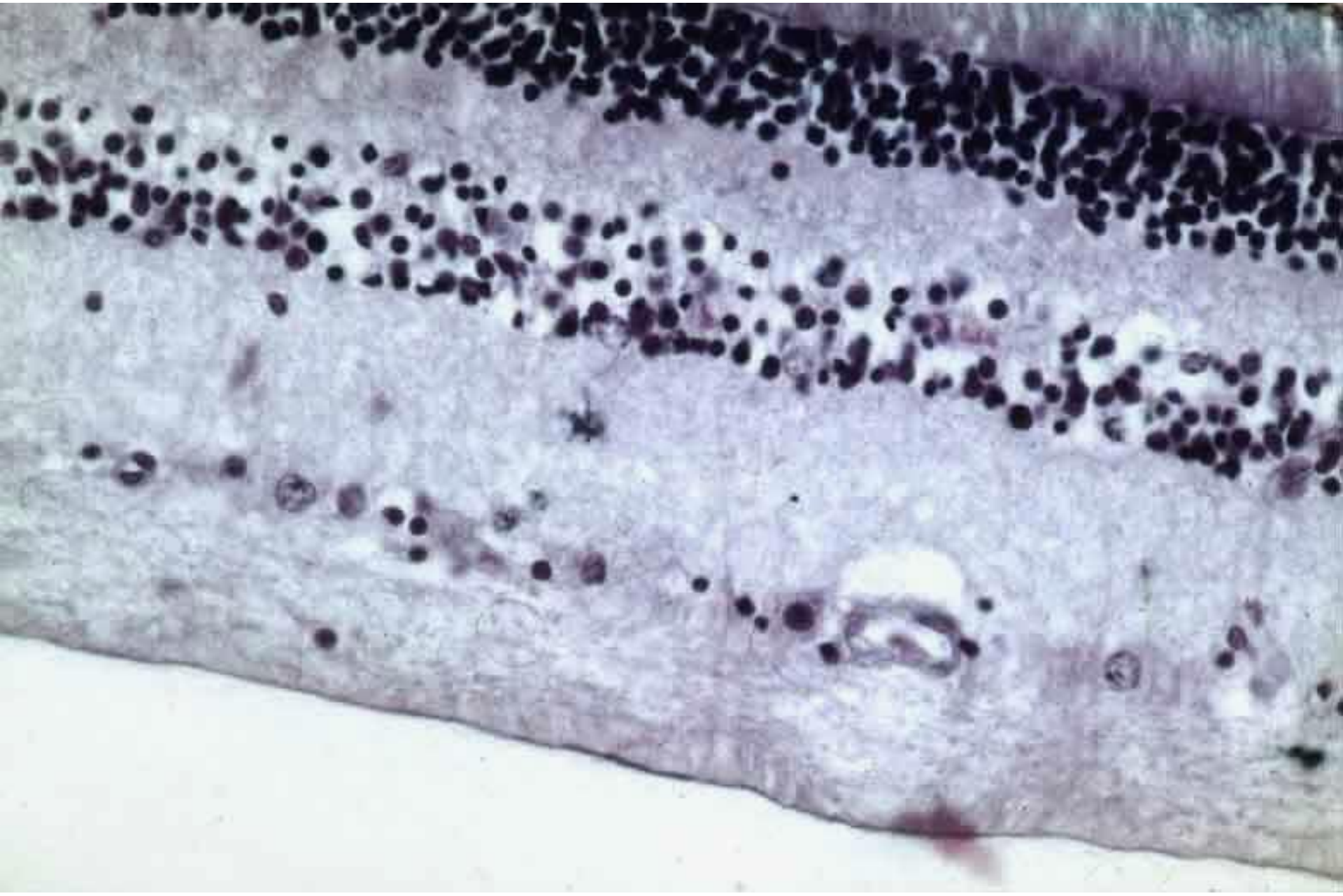
Kůň nemá čípky citlivé na ~~zelenou~~ barvu.

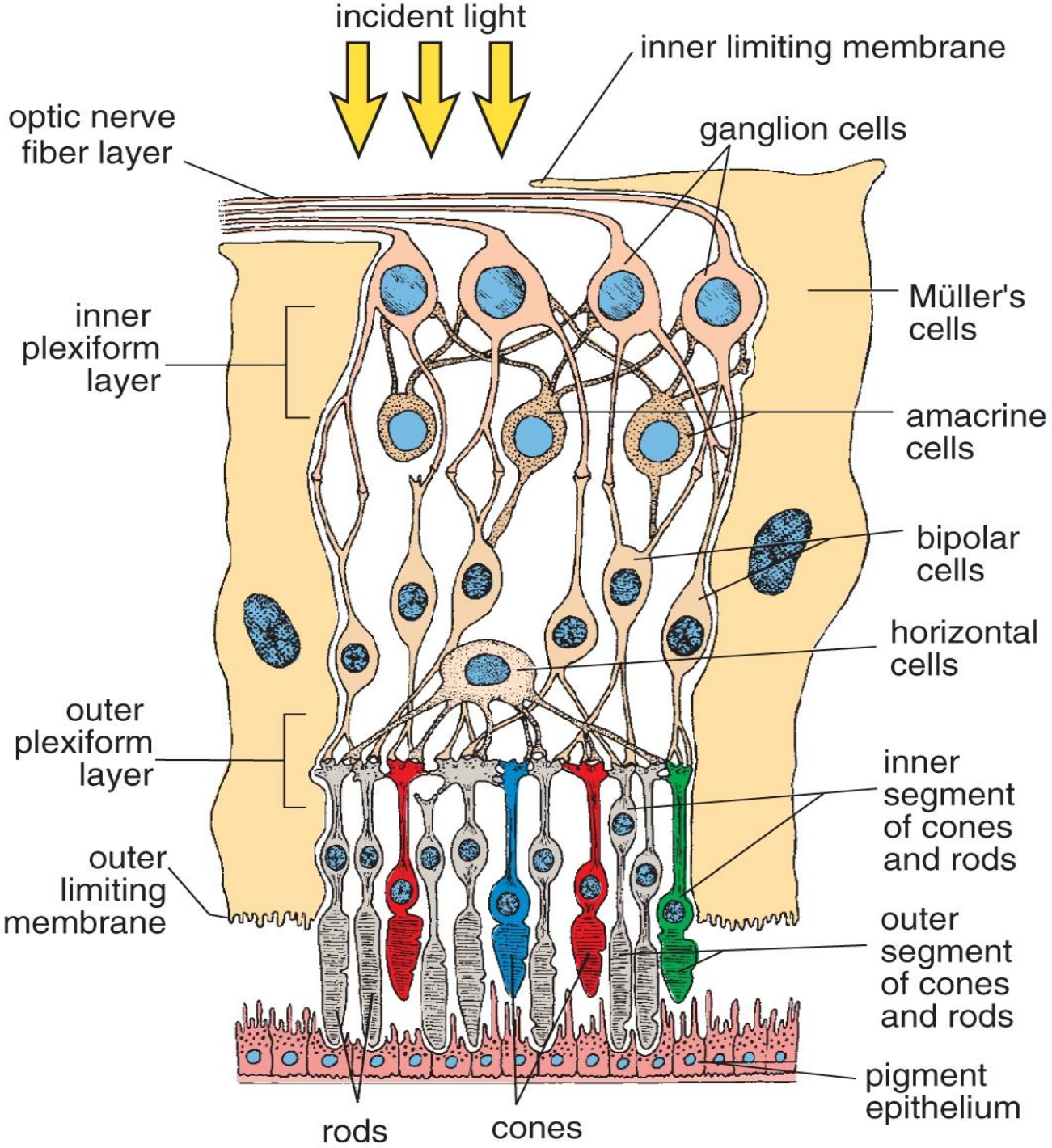
Ptáci - citlivost mírně posunuta k modrým barvám.

Hlubinné ryby - citlivost hlavně na modrou barvu

Motýli - vidí ultrafialové světlo s vlnovou délkou kratší než 400 nanometrů, ale nevidí naopak ~~červenou~~.

Někteří hadi - vidí široké spektrum barev od ultrafialové až po infračervenou (nad 700 nanometrů)





Copyright © 2011 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

Sítnice – Převodní neurony

- **Bipolární** buňky (*Neuron bipolare*)
  - tyčinkové bipolární buňky
  - čípkové bipolární buňky
    - trpasličí (*n.b.c. nanum*) – žlutá skvrna (bez konvergence:1 ku 1 ku 1)
    - difúzní (*n.b.c. diffusum*) – konvergence signálu
  - kontakty s gangliovými buňkami
- **Gangliové** buňky (*N. ganglionare multipolare)*
  - difúzní typ (*n.g.m. umbelliforme*) – spojuje více bipolárních buněk
  - trpasličí typ (*n.g.m. nanum*) – spojuje se s trpasličí bipolární buňkou
  - jejich axony tvoří nervus opticus

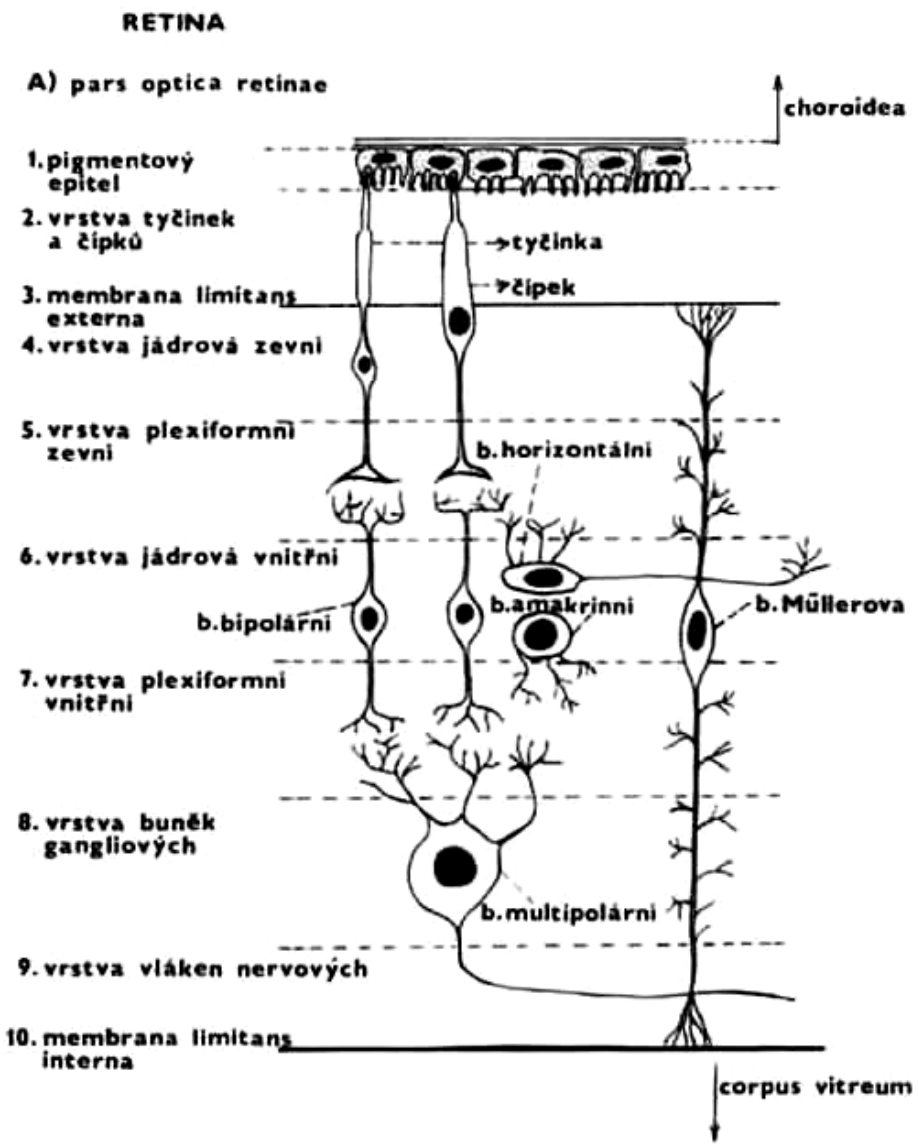
Sítnice – Asociační neurony

modifikace a synchronizace signálu

- **Horizontální** buňky (*N. horizontale*)
  - spojení s axony tyčinek a čípků a dendrity bipolárních buněk
  - integrují tyčinky a čípky přilehlých oblastí
  - potlačují signály z méně osvětlených částí
- **Amakrinní** buňky (*N. amacrinum*)
  - postrádají axon
  - spojení s axony bipolárních a dendrity gangliových buněk
  - odstraňují šum

Sítnice – Podpůrné buňky

- **Müllerovy buňky**
  Makroglie
  - probíhají celou tloušťkou sítnice
  - processus radiales
  - mají svou BL = stratum limitans internum
  - zonulae adherentes s tyčinkami a čípky = stratum limitans externum

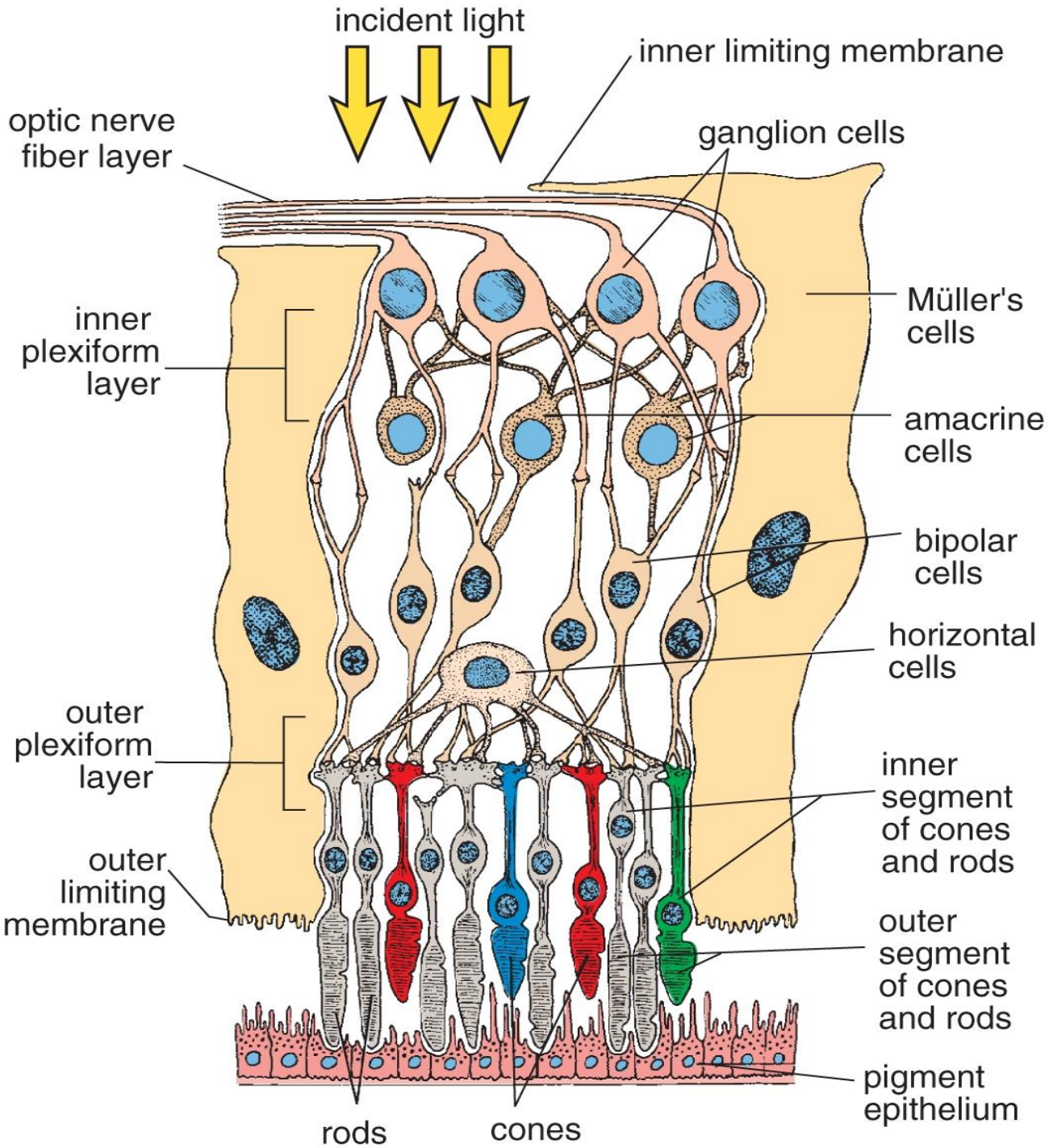


Tunica sensoria (interna)
Vrstvy zrakové části sítnice

- 10 vrstev

!!! ☺ neděste se ☺ !!!

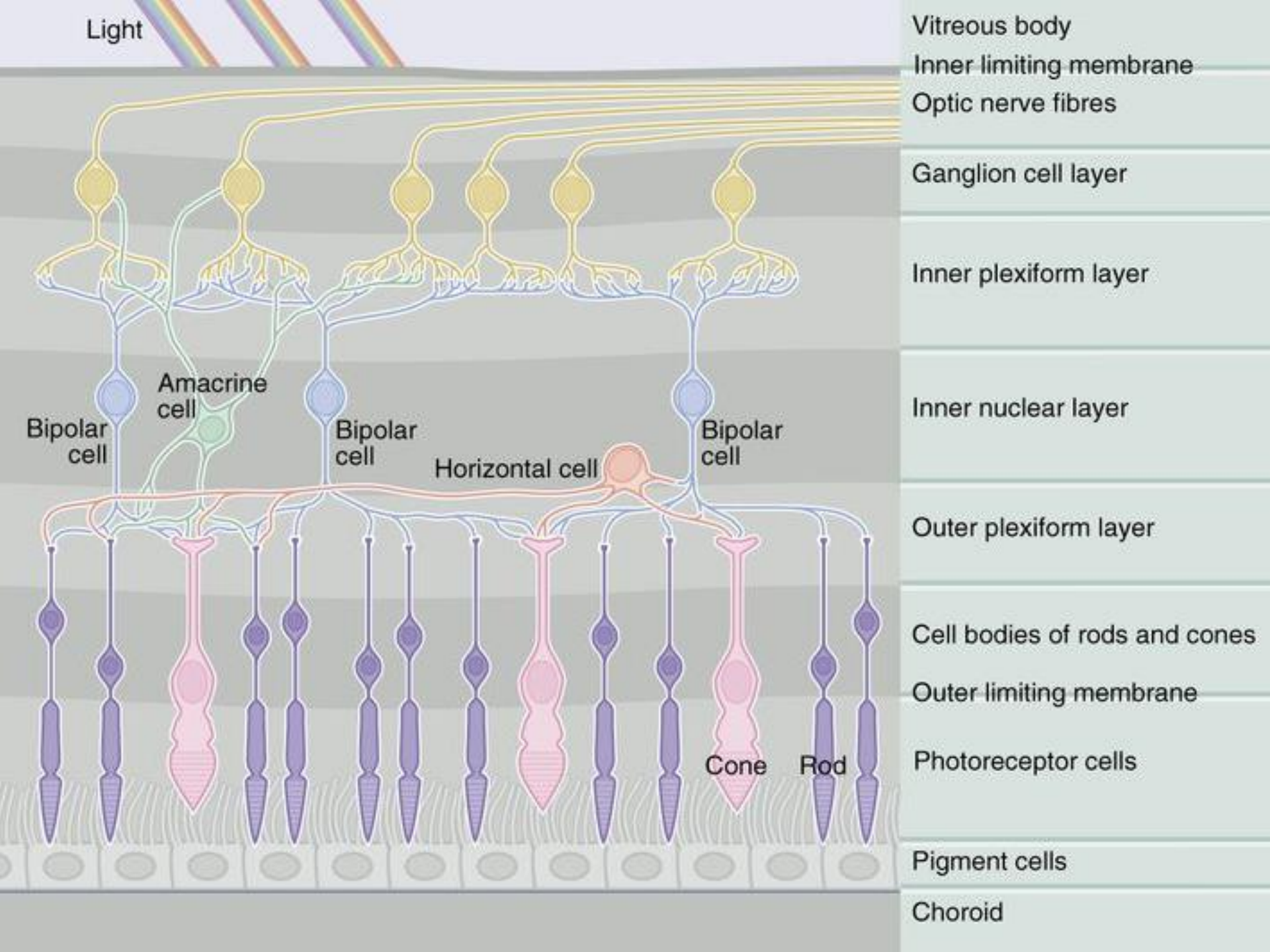
- OCT sítnice má 14 vrstev (OCT oka celkem 18)

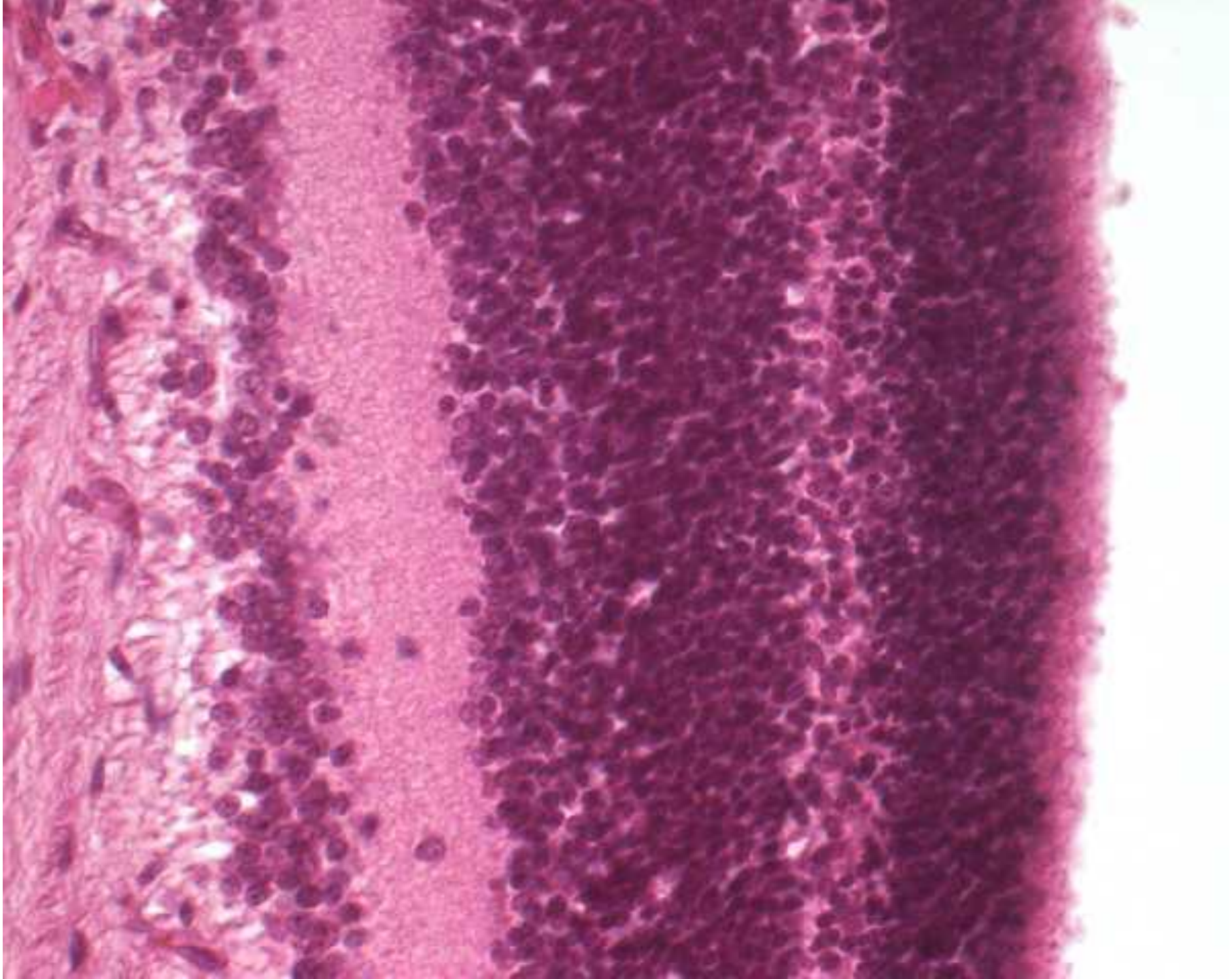


Copyright © 2011 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

Tunica sensoria (interna)
Vrstvy zrakové části sítnice

- stratum pigmentosum (1.)
- stratum nervosum (2.-10.)
  - stratum segmentorum externorum et internorum(2.)
  - stratum limitans externum (3.)
  - stratum nucleare externum (4.)
  - stratum plexiforme externum (5.)
  - stratum nucleare internum (6.)
  - stratum plexiforme internum (7.)
  - stratum ganglionicum (8.)
  - stratum neurofibrarum (9.)
  - stratum limitans internum (10.)


Light
Vitreous body
Inner limiting membrane
Optic nerve fibres
Ganglion cell layer
Inner plexiform layer
Amacrine cell
Bipolar cell
Bipolar cell
Horizontal cell
Bipolar cell
Inner nuclear layer
Outer plexiform layer
Cell bodies of rods and cones
Outer limiting membrane
Cone
Rod
Photoreceptor cells
Pigment cells
Choroid

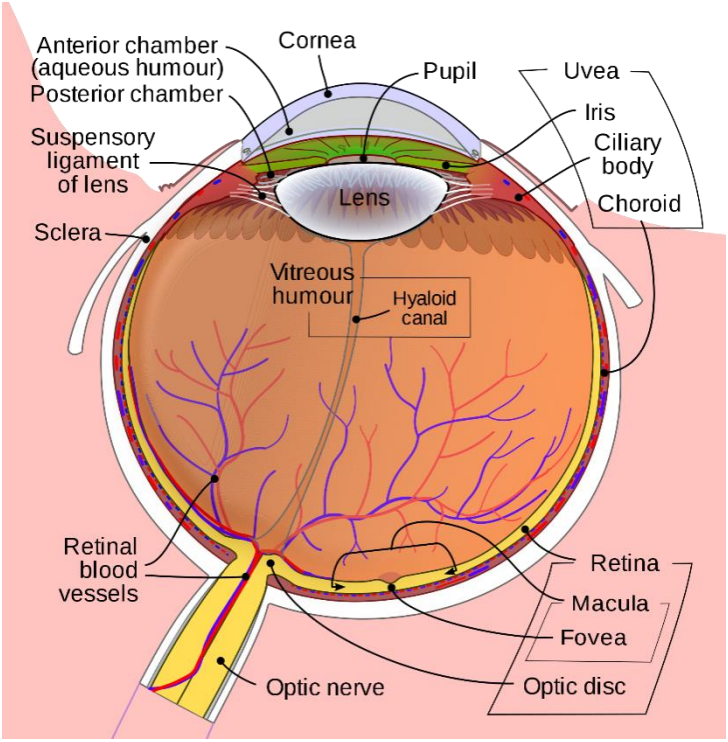


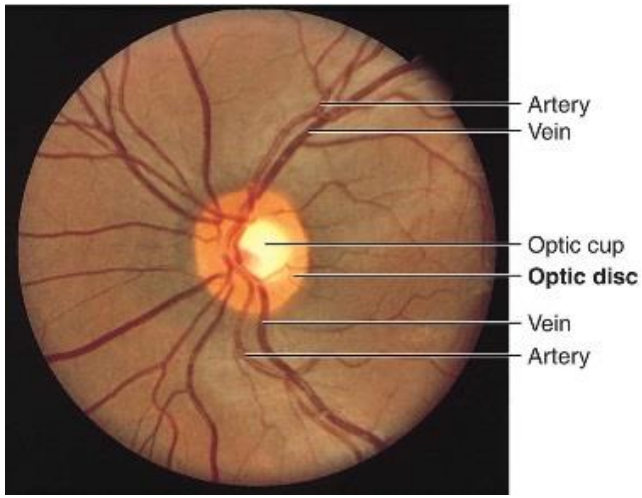
Sítnice – senzorická část

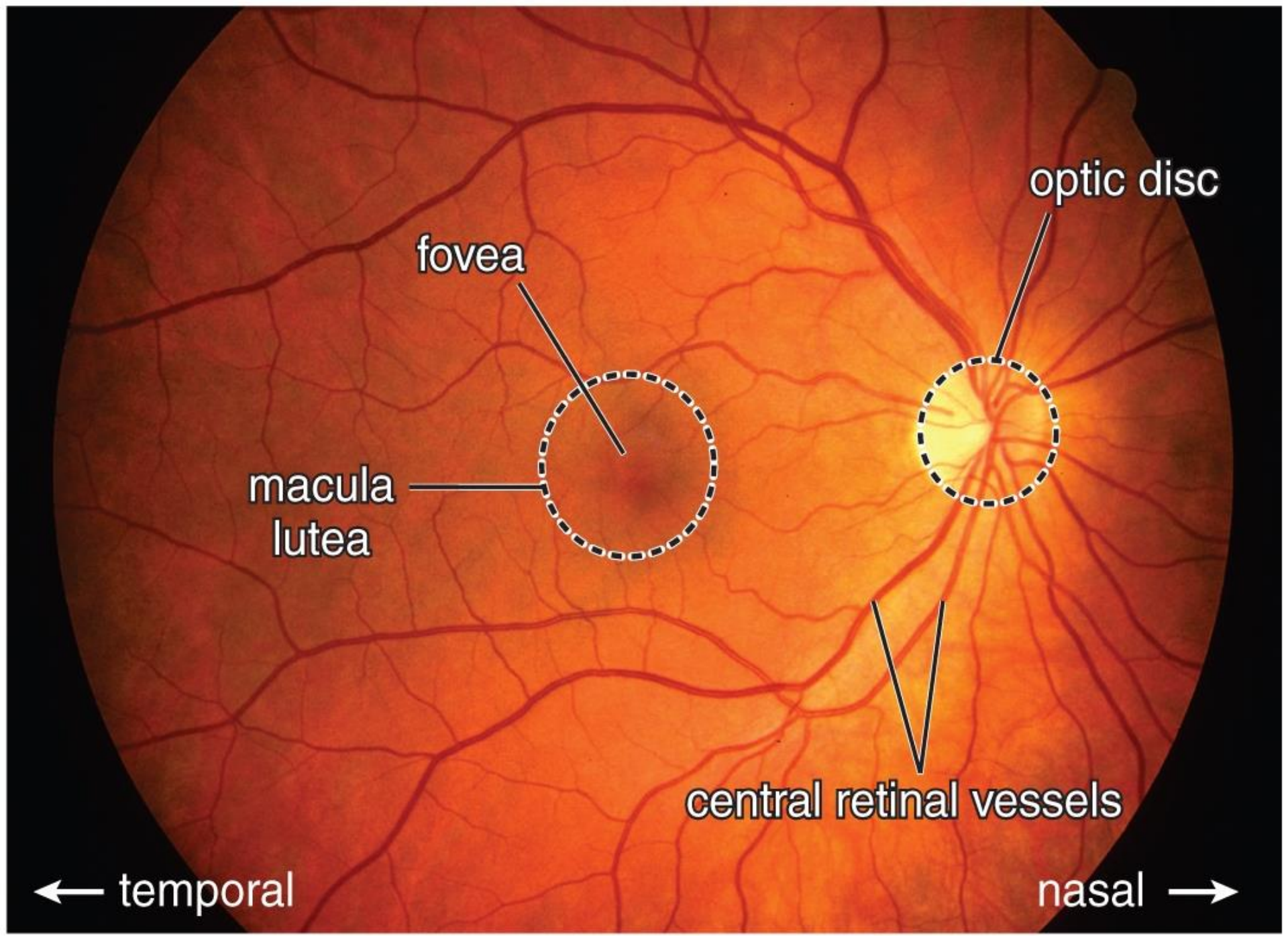
- **discus n. optici**

= slepá skvrna; zrakový terč; „papila“

  - žádné světločivné elementy
  - excavatio disci
  - výstup vláken zrakového nervu
  - vstup vasa centralia retinae

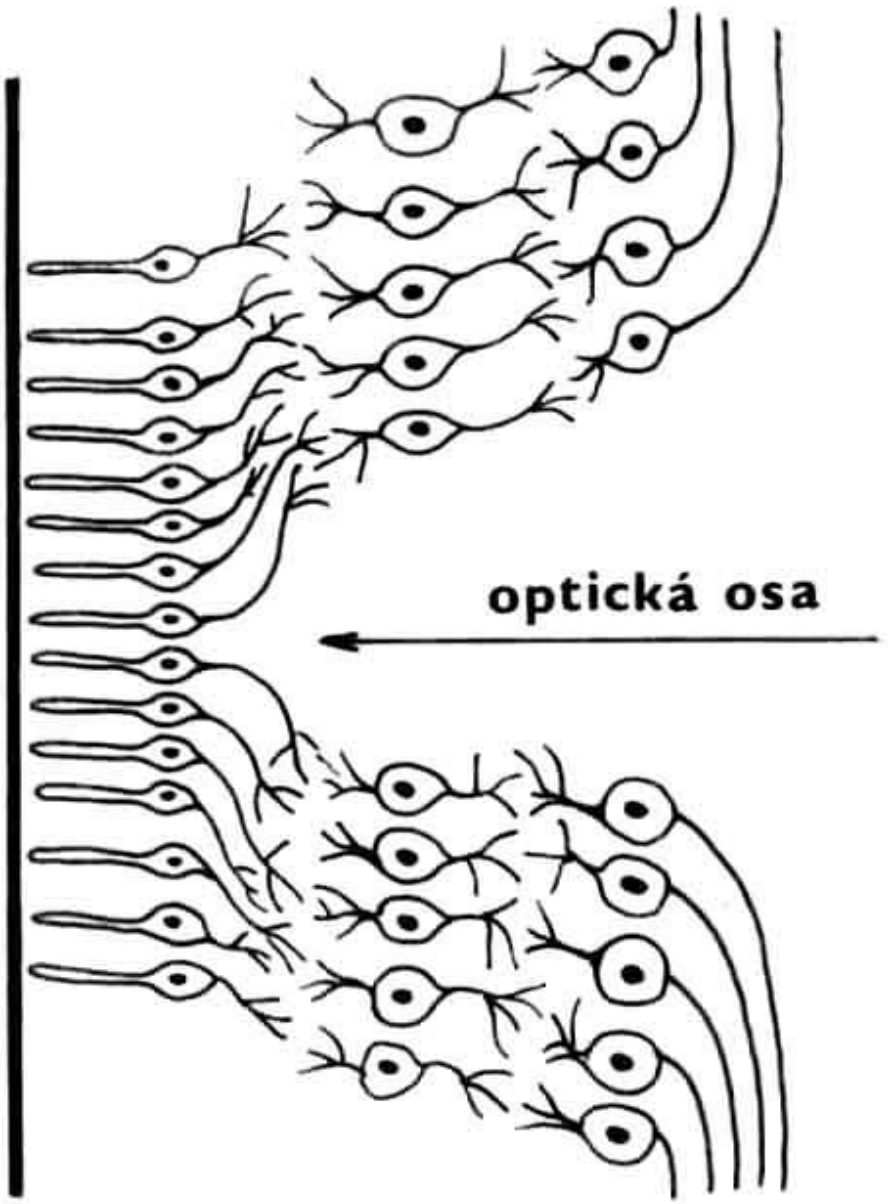


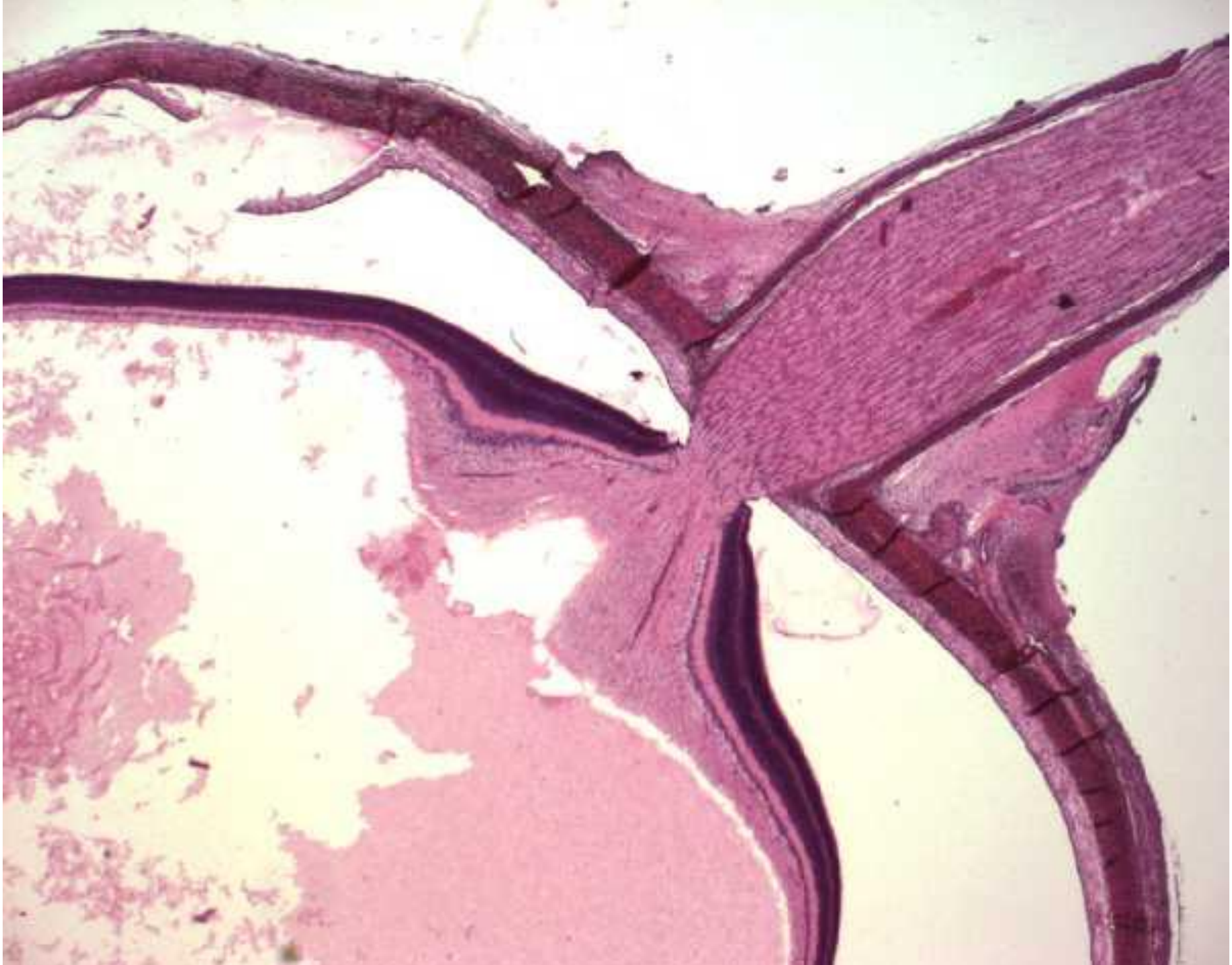


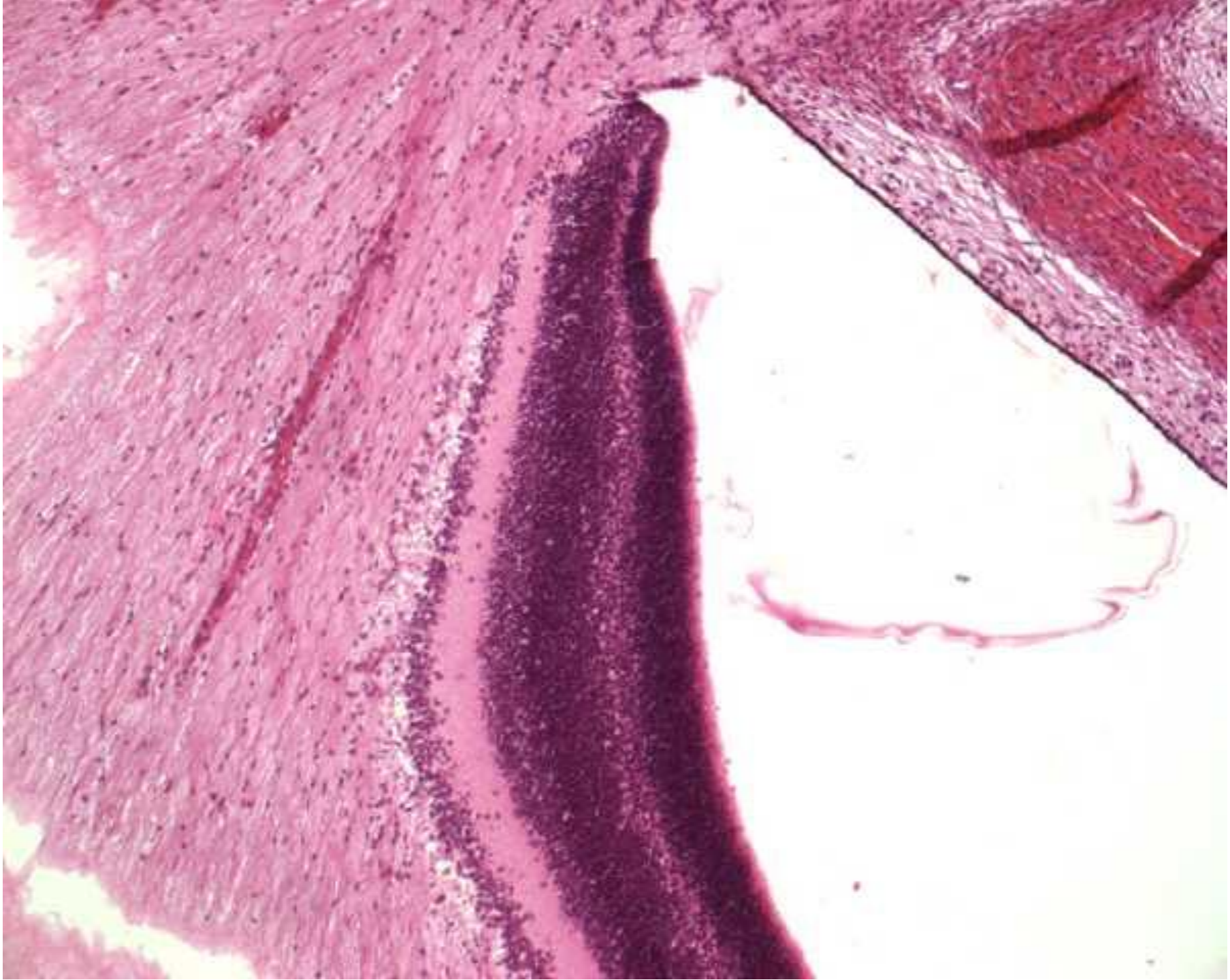


Copyright © 2011 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

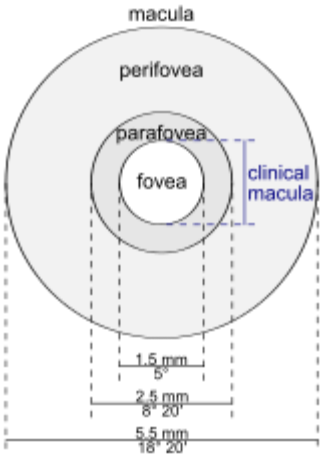
FOVEA CENTRALIS





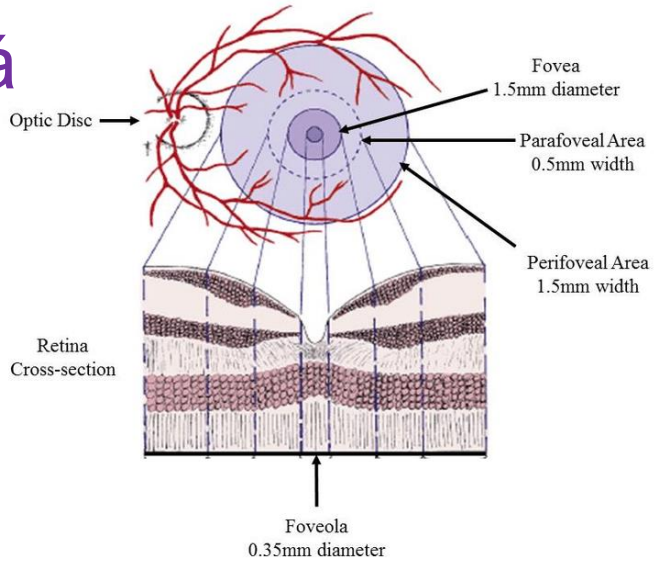


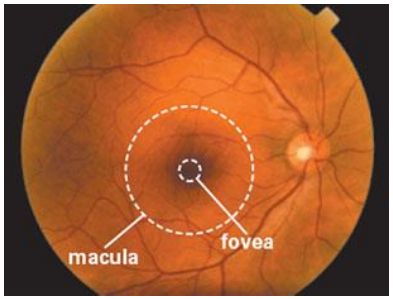
Sítnice – senzorická část

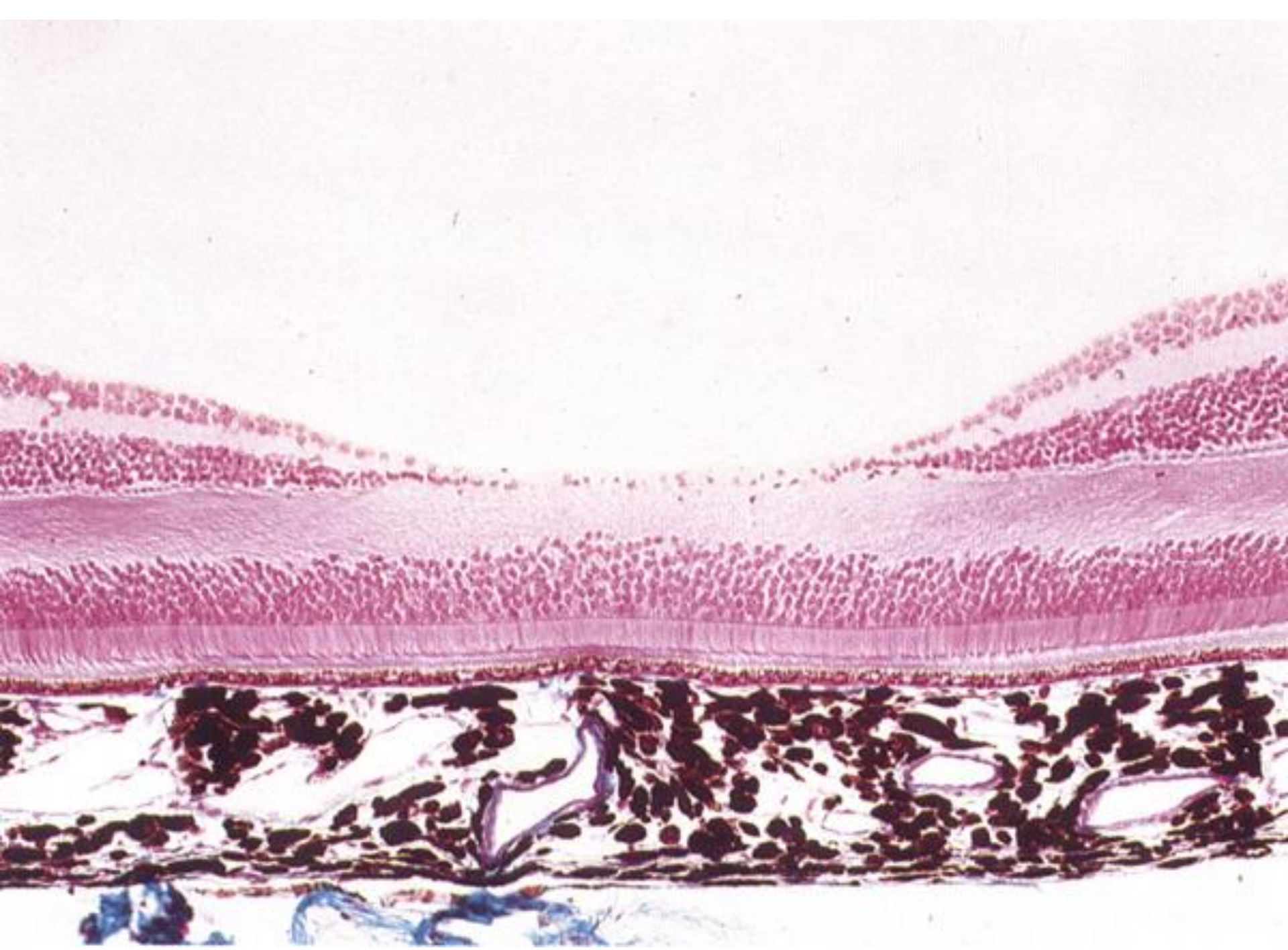


macula lutea (= žlutá skvrna)

- více než 1 vrstva gangliových buněk
- vyšší vrstvy odkloněny stranou
- nejostřejší vidění – 5,5 mm široká
- žlutý pigment (lutein, zexanthin)
- fovea centralis (1,5 mm)
  - neobsahuje tyčinky
- foveola
  - neobsahuje tyčinky a gangliové buňky
- umbo
  - pouze čípky a Müllerovy buňky







https://www.ocnichrudim.cz/index.php/oct-opticka-koherentni-tomografie/

Name:
ID:
DOB: 1955
Gender: Female
Doctor:

	OD	OS	
Exam Date:	3/17/2011	3/17/2011	CZMI
Exam Time:	9:27 AM	9:28 AM	
Technician:	Operator, Cirrus		
Signal Strength:	8/10	9/10	

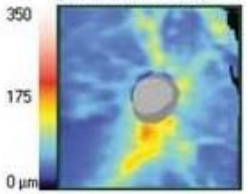
ZEISS

RNFL and ONH:Optic Disc Cube 200x200

OD ● | ● OS

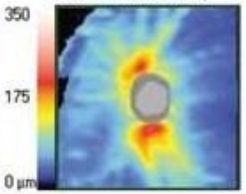
A

RNFL Thickness Map



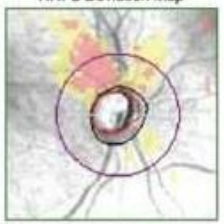
C	OD	OS
Average RNFL Thickness	71 µm	81 µm
RNFL Symmetry	85%	
Rim Area	0.73 mm²	0.90 mm²
Disc Area	1.99 mm²	1.86 mm²
Average C/D Ratio	0.79	0.71
Vertical C/D Ratio	0.73	0.68
Cup Volume	0.548 mm³	0.291 mm³

RNFL Thickness Map

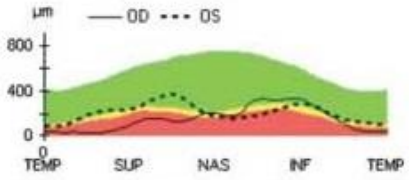


B

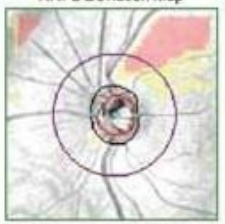
RNFL Deviation Map



Neuro-retinal Rim Thickness

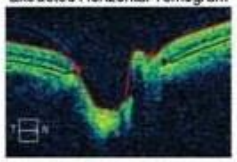


RNFL Deviation Map



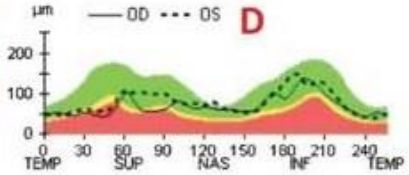
Disc Center (0.15,0.00) mm

Extracted Horizontal Tomogram



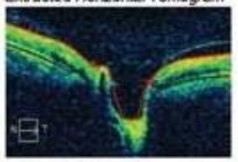
RNFL Thickness

D



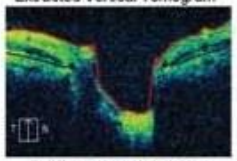
Disc Center (0.06,0.00) mm

Extracted Horizontal Tomogram

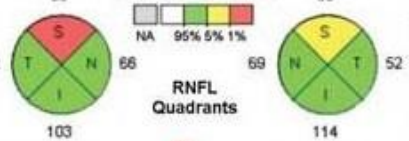


F

Extracted Vertical Tomogram

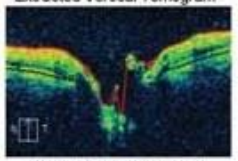


Distribution of Normals

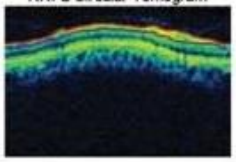


RNFL Quadrants

Extracted Vertical Tomogram

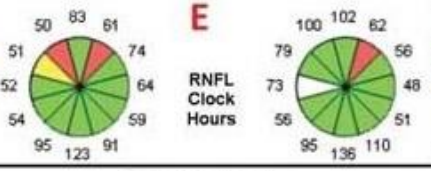


RNFL Circular Tomogram

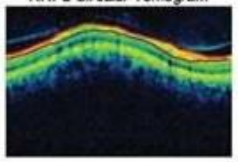


E

RNFL Clock Hours



RNFL Circular Tomogram



Comments

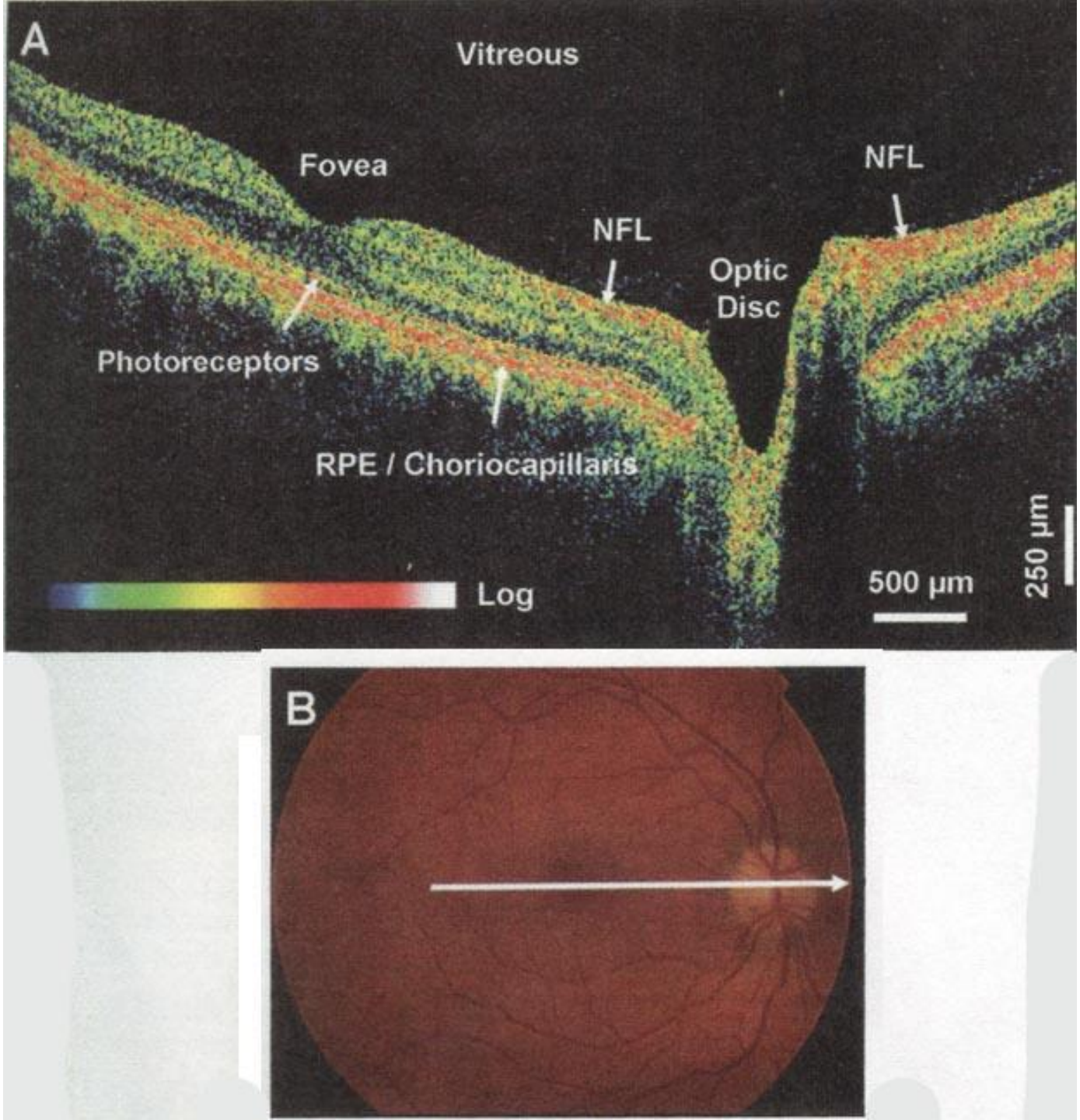
Doctor's Signature

SW Ver: 5.1.0.96
Copyright 2010
Carl Zeiss Meditec, Inc
All Rights Reserved

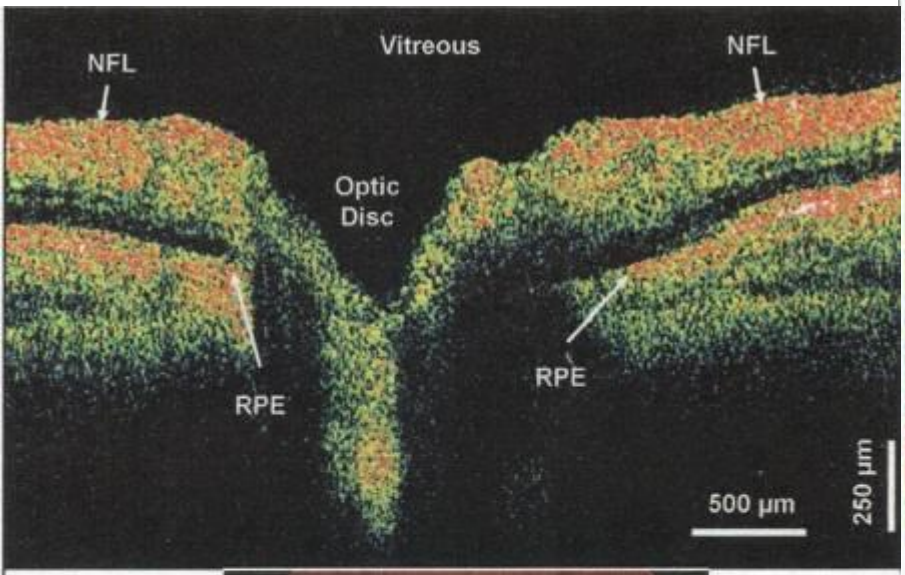
OCT

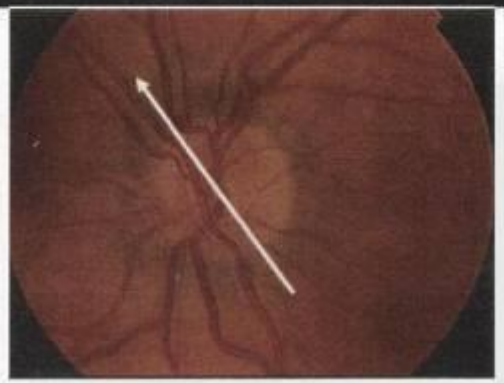
Optický koherentní tomograf

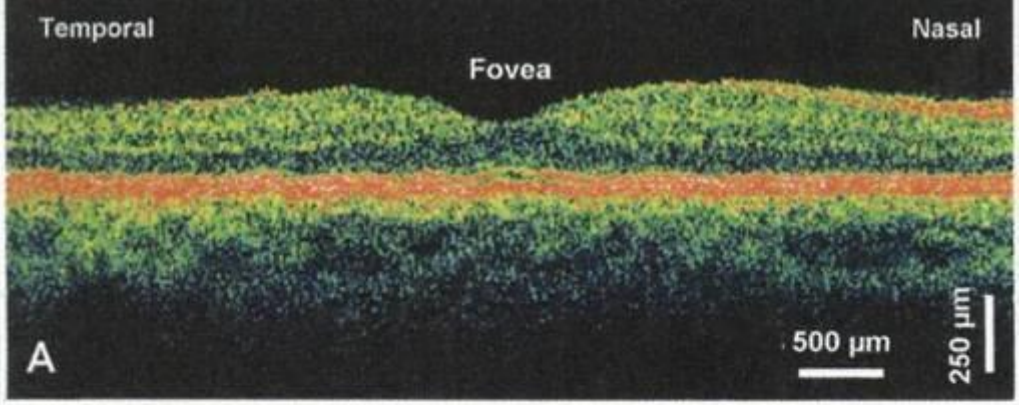
měření odrazu světla

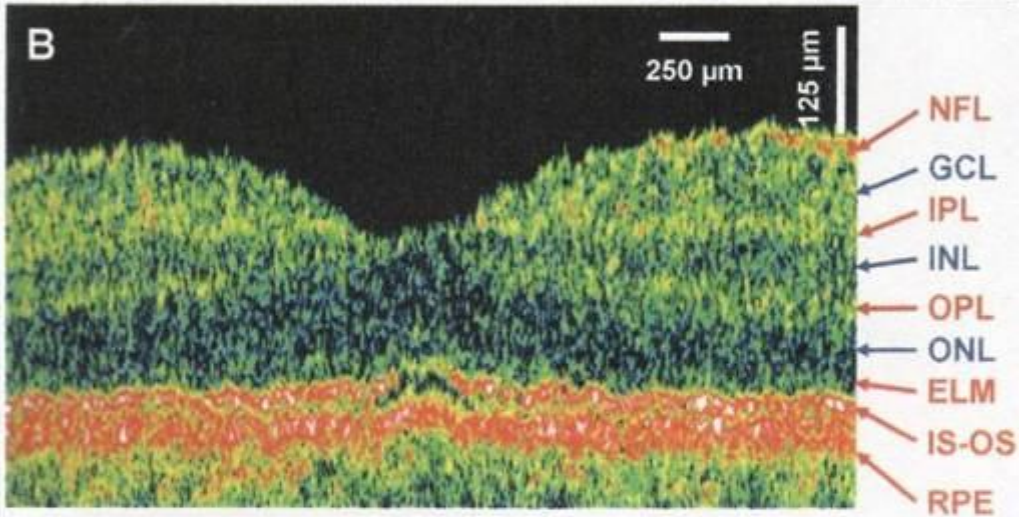


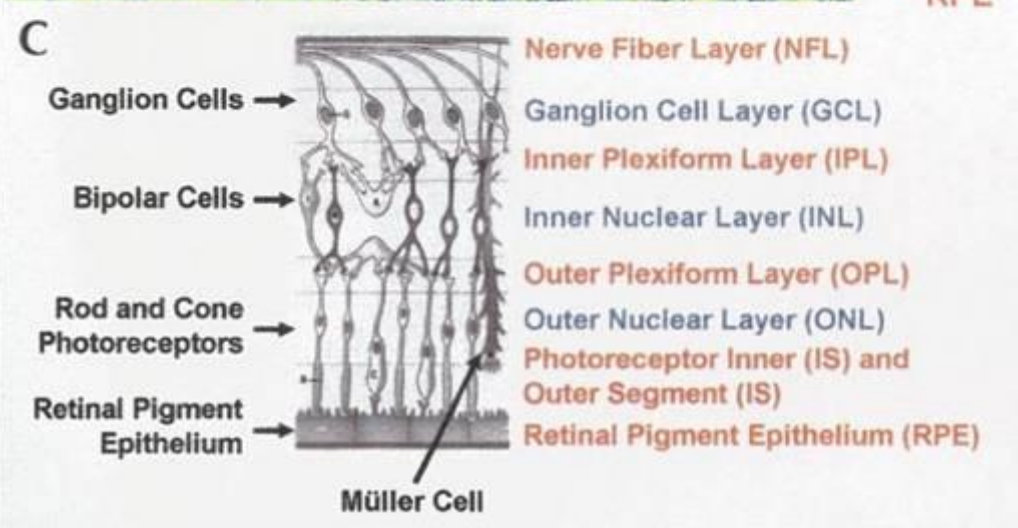
OCT


NFL
Vitreous
NFL
Optic Disc
RPE
RPE
500 µm
250 µm



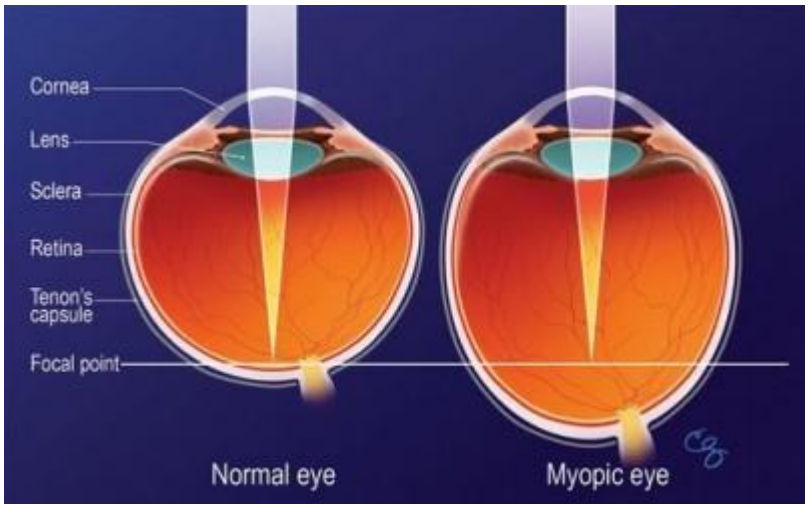

Temporal
Fovea
Nasal
A
500 µm
250 µm


B
250 µm
125 µm
NFL
GCL
IPL
INL
OPL
ONL
ELM
IS-OS
RPE

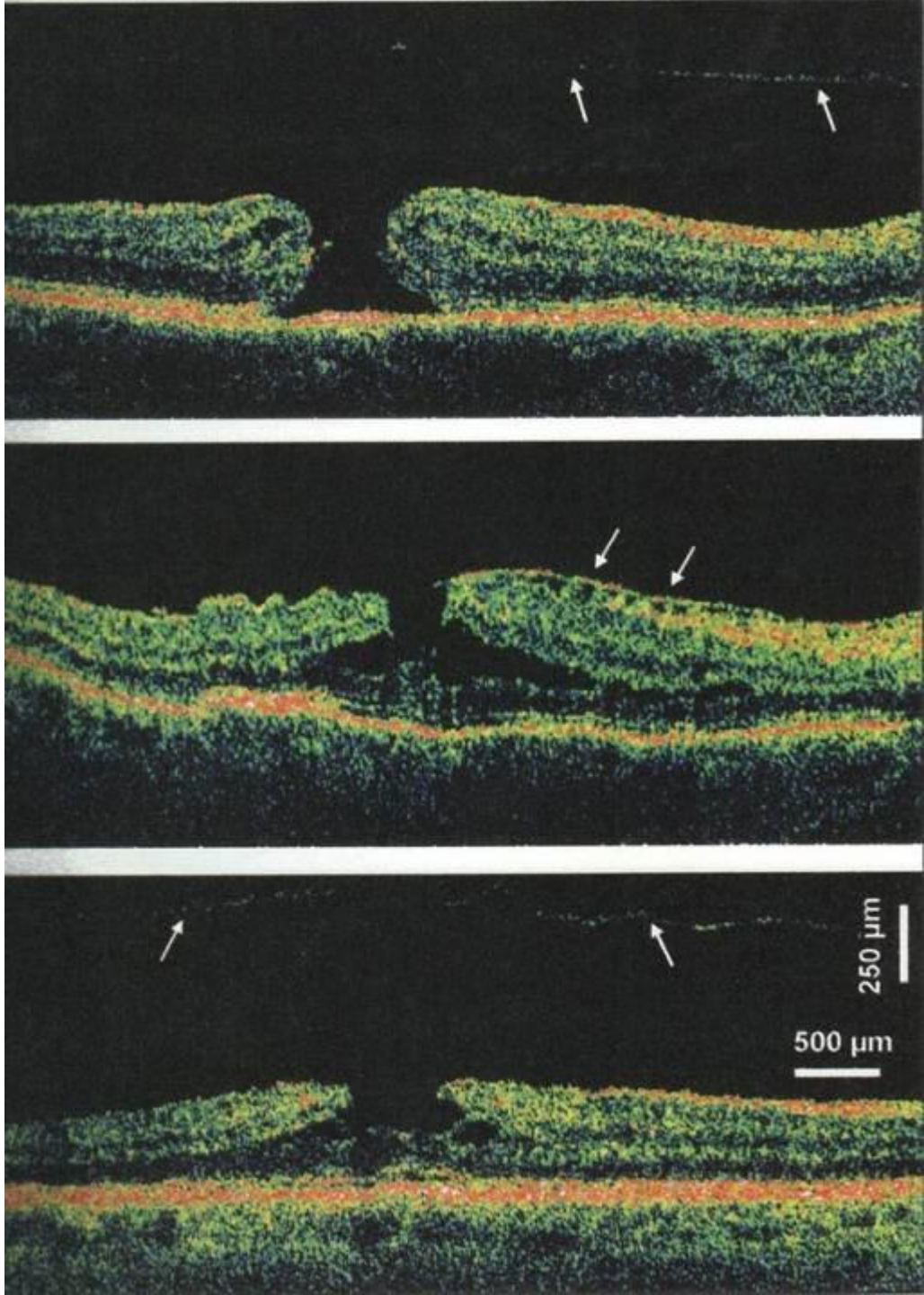

C
Ganglion Cells
Bipolar Cells
Rod and Cone Photoreceptors
Retinal Pigment Epithelium
Müller Cell
Nerve Fiber Layer (NFL)
Ganglion Cell Layer (GCL)
Inner Plexiform Layer (IPL)
Inner Nuclear Layer (INL)
Outer Plexiform Layer (OPL)
Outer Nuclear Layer (ONL)
Photoreceptor Inner (IS) and Outer Segment (IS)
Retinal Pigment Epithelium (RPE)

OCT

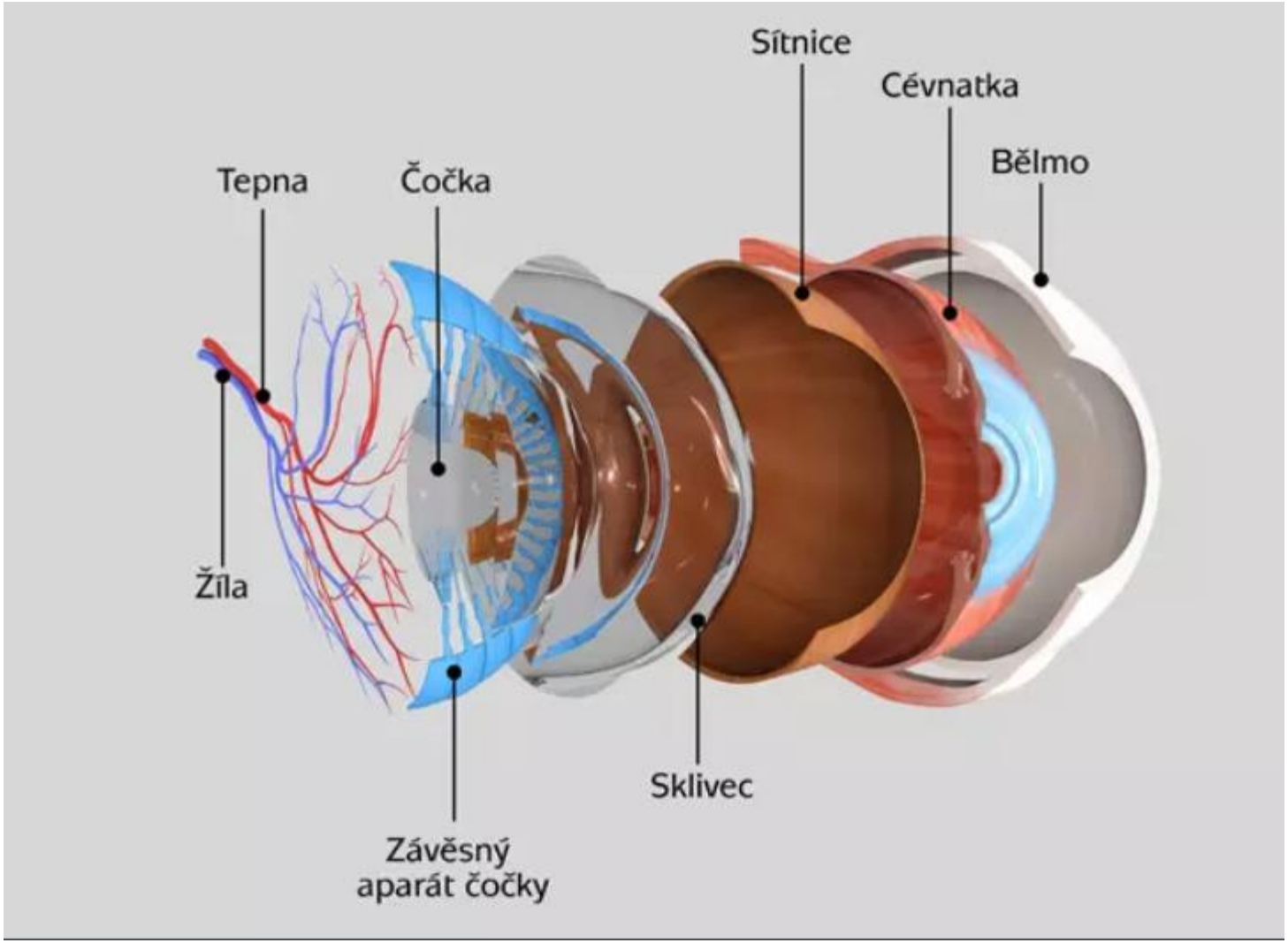
ODCHLÍPENÍ SÍTNICE



10 x



https://www.neovize.cz/jake-jsou-ocni-vady-a-onemocneni/kratkozrakost/



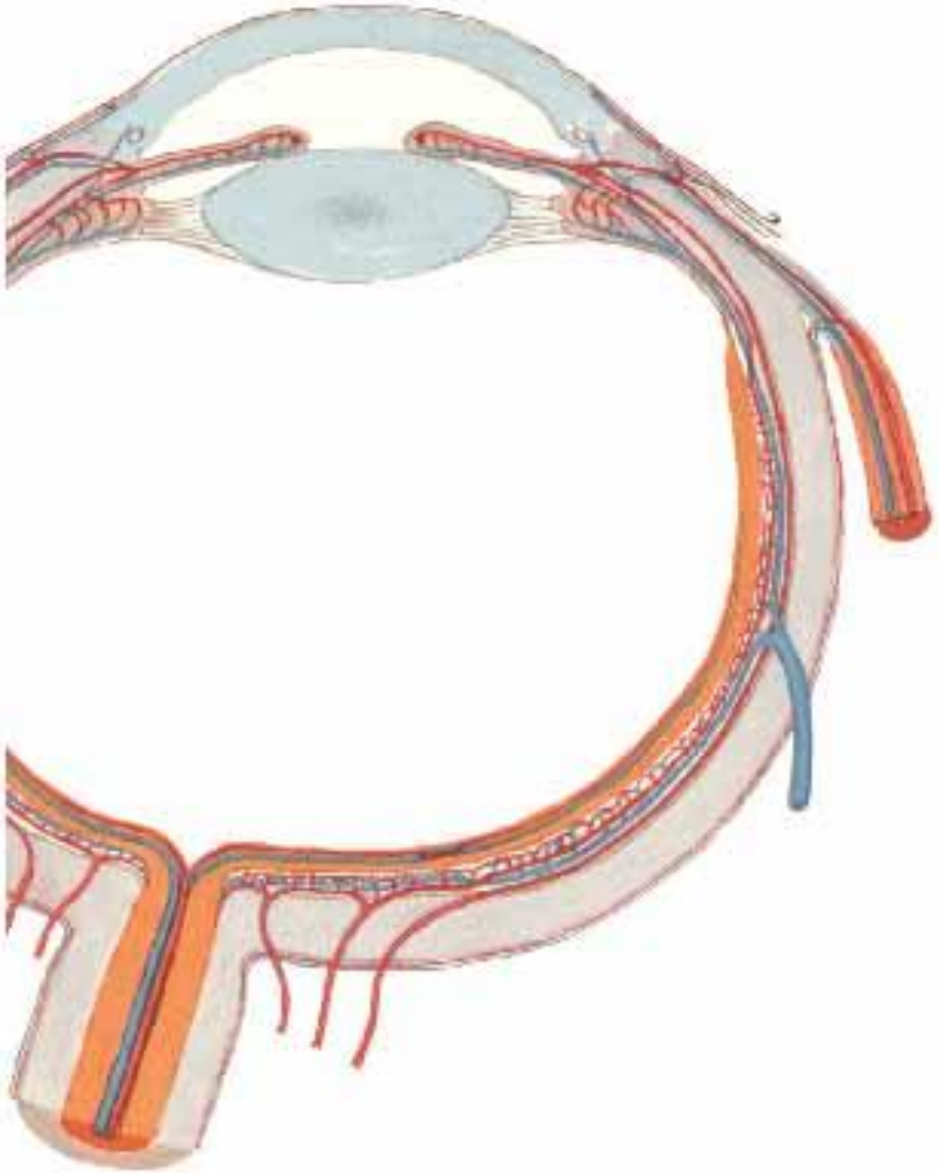
https://www.novinky.cz/veda-skoly/clanek/nejdokonalejsim-fotoaparatem-je-lidske-oko-140213

Arteries and Veins of Or

Superior Vie

Intrinsic Arteries and Veins of Eye

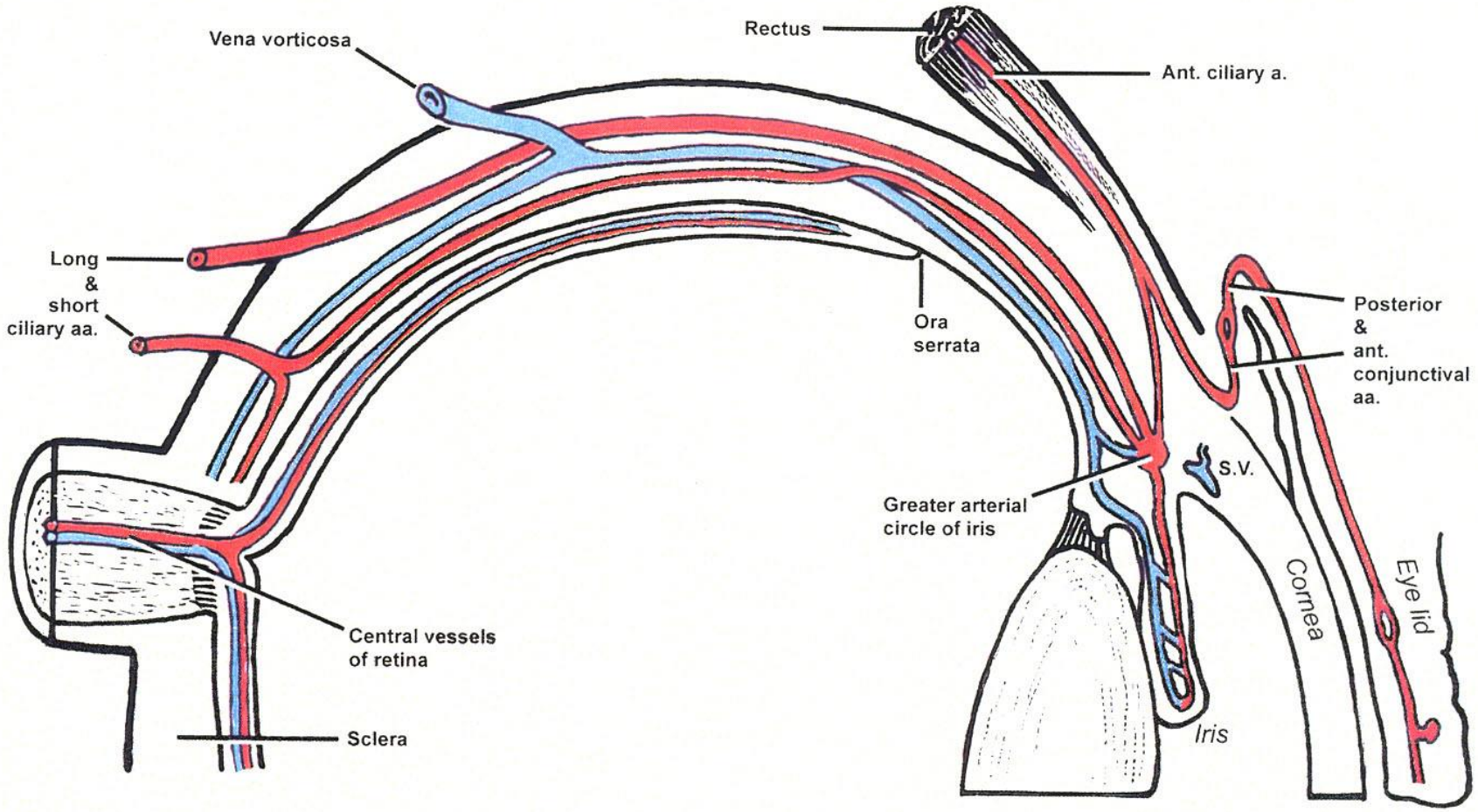
Horizontal Section

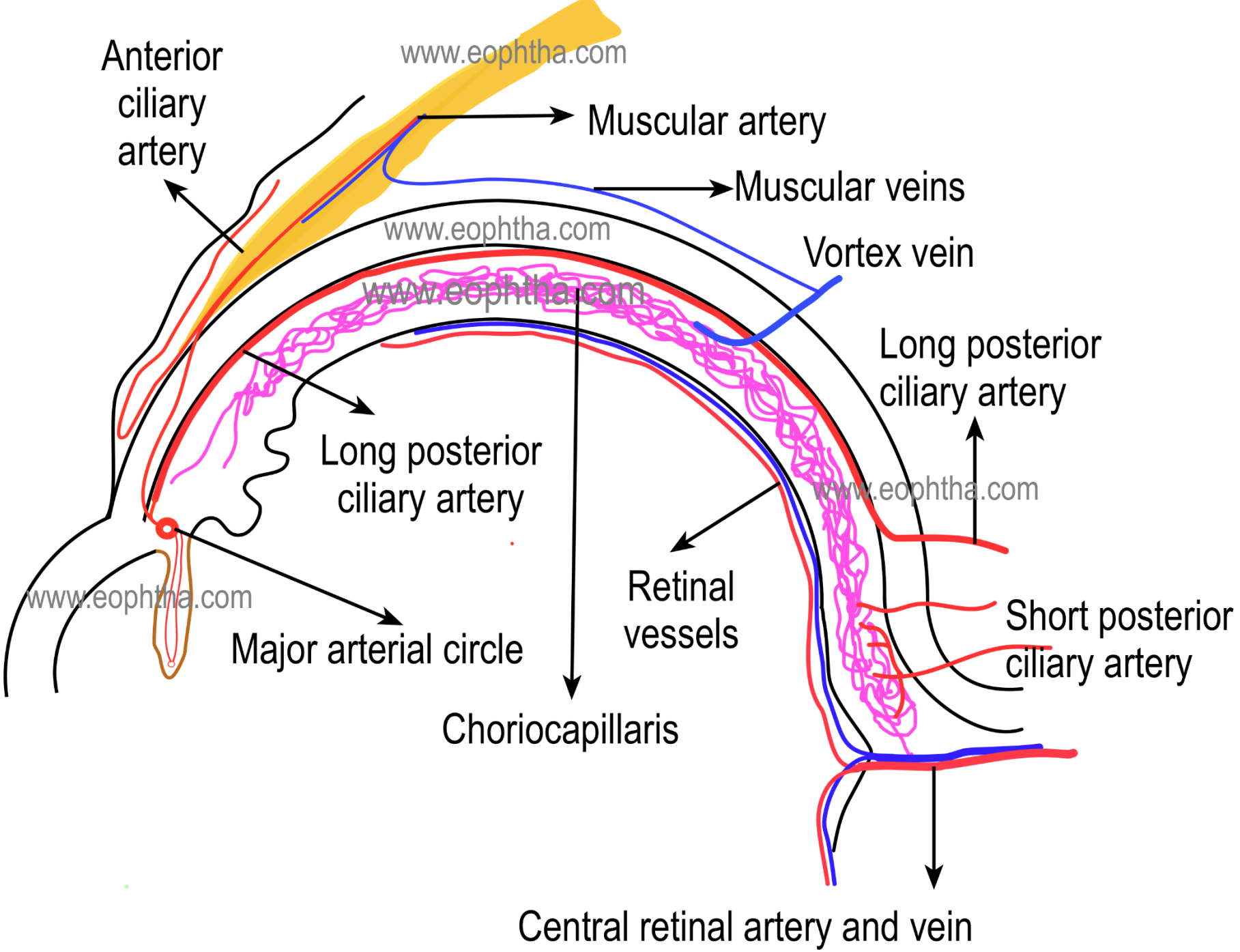


Tepenné zásobení oka

a. carotis interna → a. ophthalmica →

- **a. centralis retinae** → *sítnice*
- **aa. ciliares posteriores breves** → *cévnatka*
- **aa. ciliares posteriores longae** (2→4) → *corpus ciliare* + *iris*
- aa. musculares → **aa. ciliares ant., aa. episclerales**, **aa. conjuctivales lat**.
- a. lacrimalis → aa. palpebrales lat.
- aa. palpebrales med. → **aa. conjuctivales med.**


Vena vorticosa
Rectus
Ant. ciliary a.
Long
&
short
ciliary aa.
Ora
serrata
Posterior
&
ant.
conjunctival
aa.
S.V.
Greater arterial
circle of iris
Cornea
Eye lid
Central vessels
of retina
Sclera
Iris

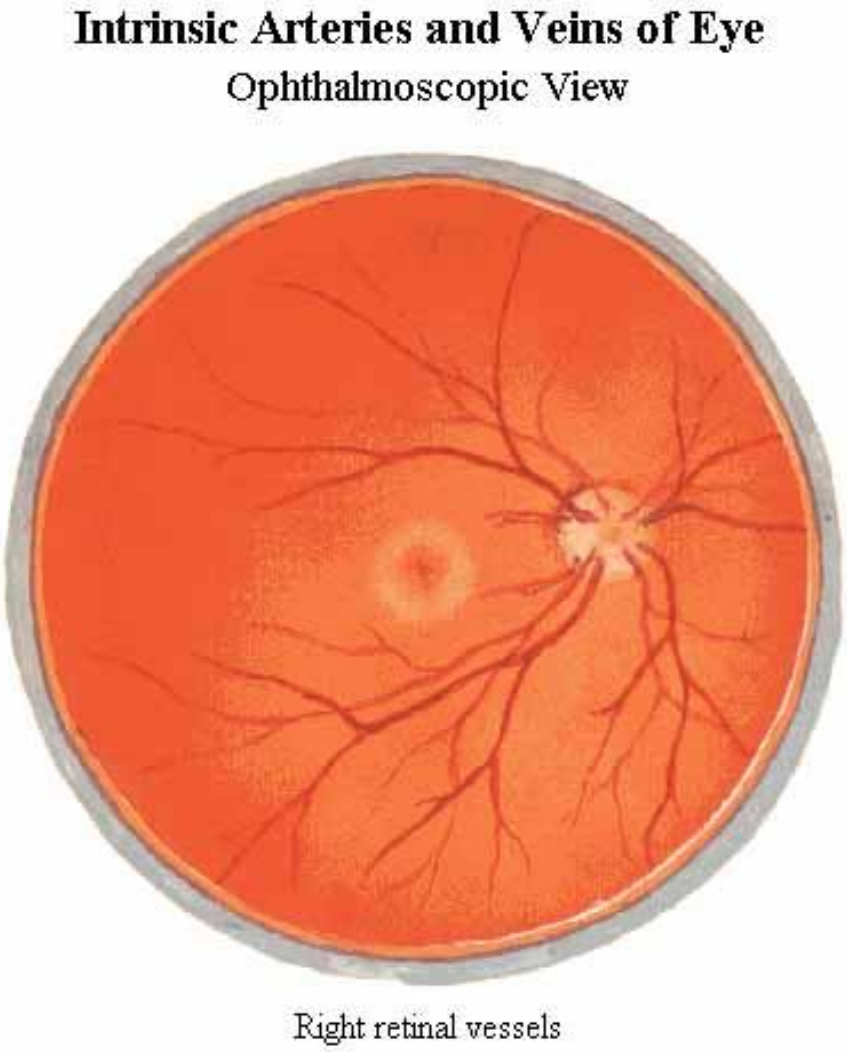

Anterior ciliary artery
Muscular artery
Muscular veins
Vortex vein
Long posterior ciliary artery
Long posterior ciliary artery
Retinal vessels
Short posterior ciliary artery
Major arterial circle
Choriocapillaris
Central retinal artery and vein
www.eophtha.com

Vasa sanguinea retinae – oční pozadí (*fundus oculi*)

a. centralis retinae → **arterioly**

- a. temporalis sup.+ inf.
- a. nasalis sup.+ inf.
- a. macularis sup.+ inf. (+ media)

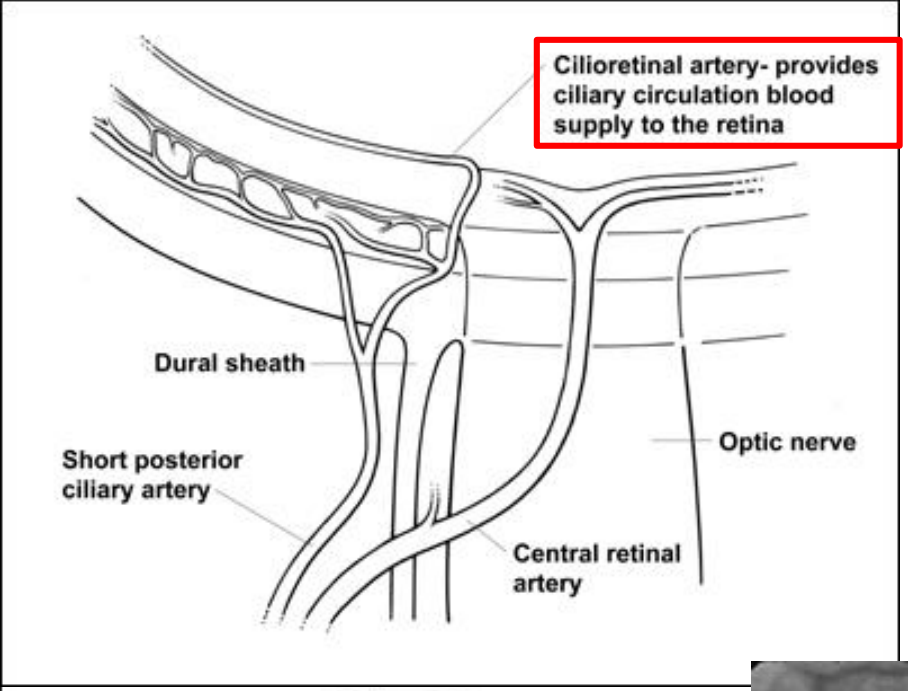
žíly odpovídají tepnám, často se kříží



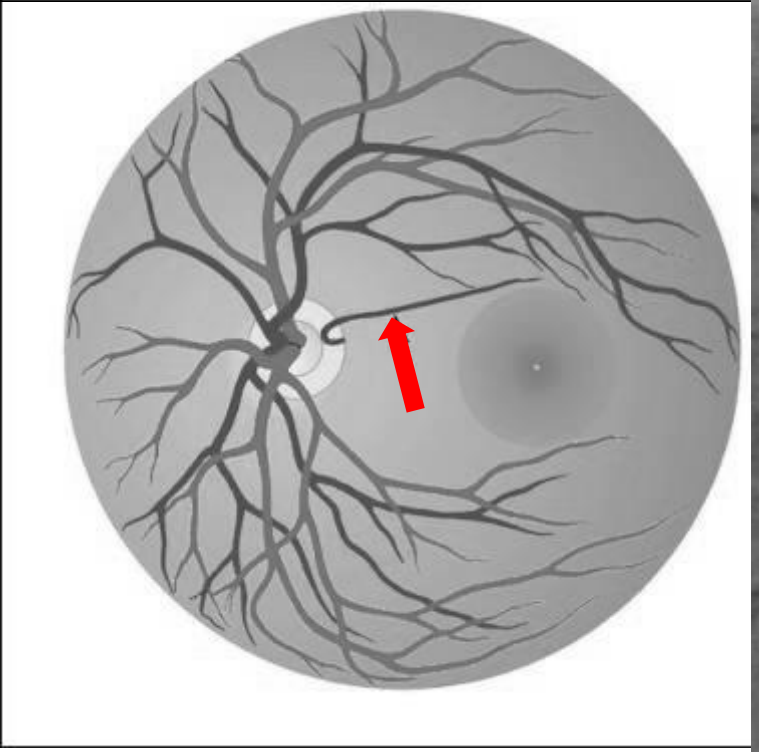
Arteria cilioretinalis

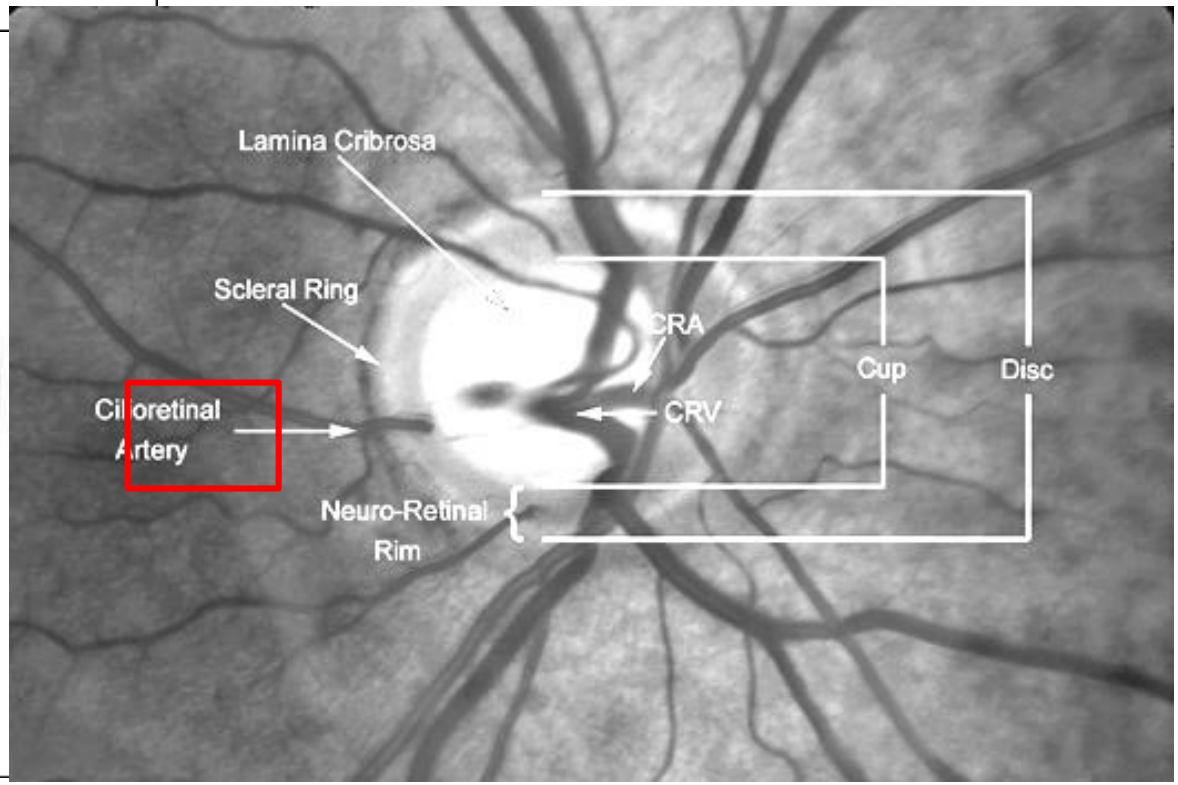
- výskyt: **10-33 %**
- větev z *a. ciliaris posterior brevis*
- vstupuje skrz discus n.II nezávisle na a. centralis retinae
- přídatné tepenné zásobení macula lutea z cévnatkového oběhu
- jediný zdroj krve sítnici při uzávěru a. centralis retinae
- 90 % temporálně x 10 % nazálně

- *uzávěr a. cilioretinalis → centrální ztráta vidění*
- ***uzávěr a. centralis retinae → ušetřené centrální vidění a macula lutea***



A. cilioretinalis





Žilní zásobení oka – *3 odtoky*

- vv. episclerales
- vv. ciliares ant. ← vv. sclerales ← sinus venosus sclerae *Schlemmi s. Lauthi (vstřebává humor aquosus)*
- vv. vorticosae (4 v kvadrantech oční koule)
- v. centralis retinae

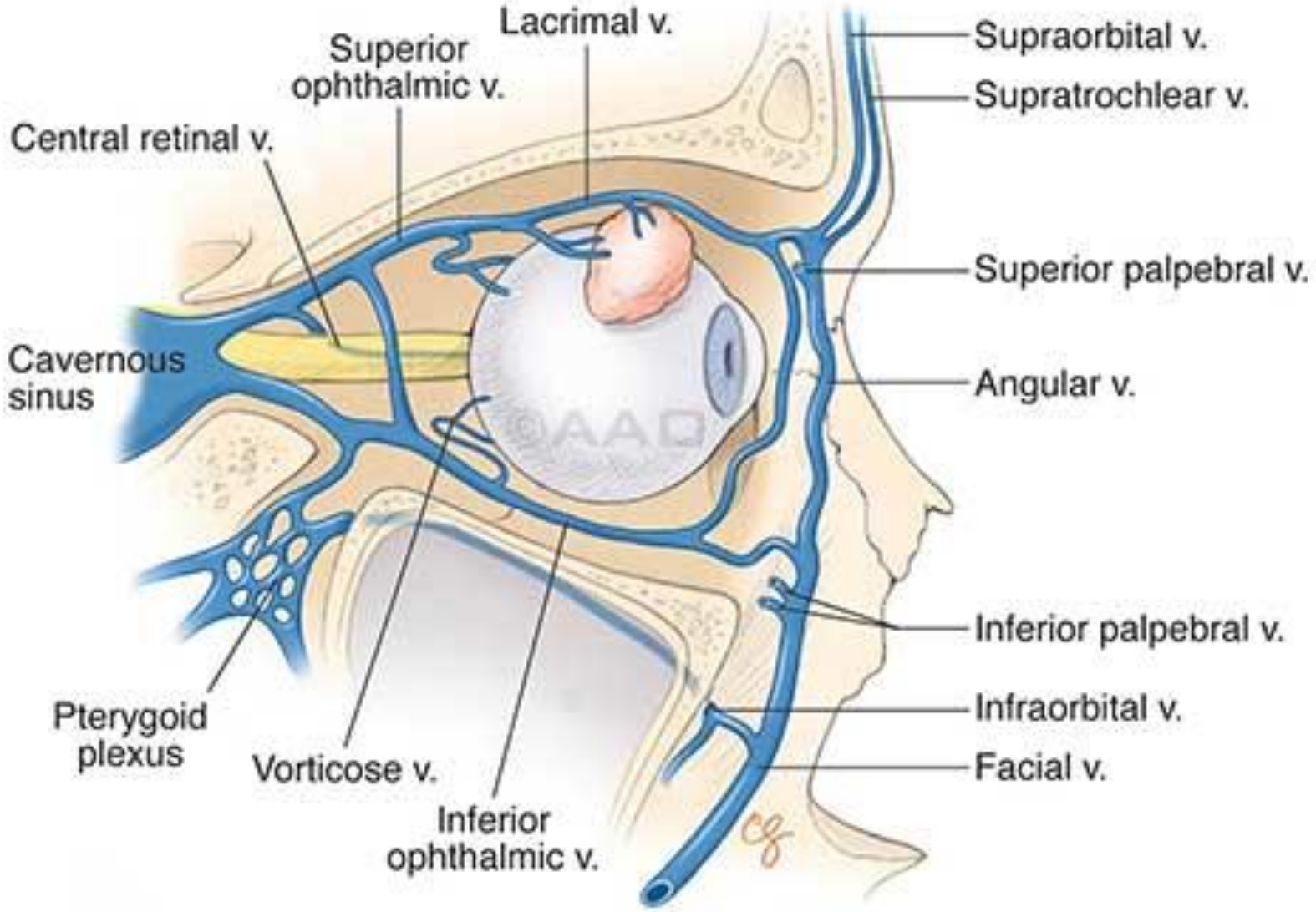
→ v. ophthalmica sup. → sinus cavernosus

→ v. ophthalmica inf. → plexus pterygoideus

→ v. angularis → z v. facialis (anastomozy s v.opht.) → v. jugularis int.

! nebezpečí šíření zánětů !

1



https://www.aao.org/eyenet/article/diagnosis-management-of-superior-ophthalmic-vein-t

Nervové zásobení oka

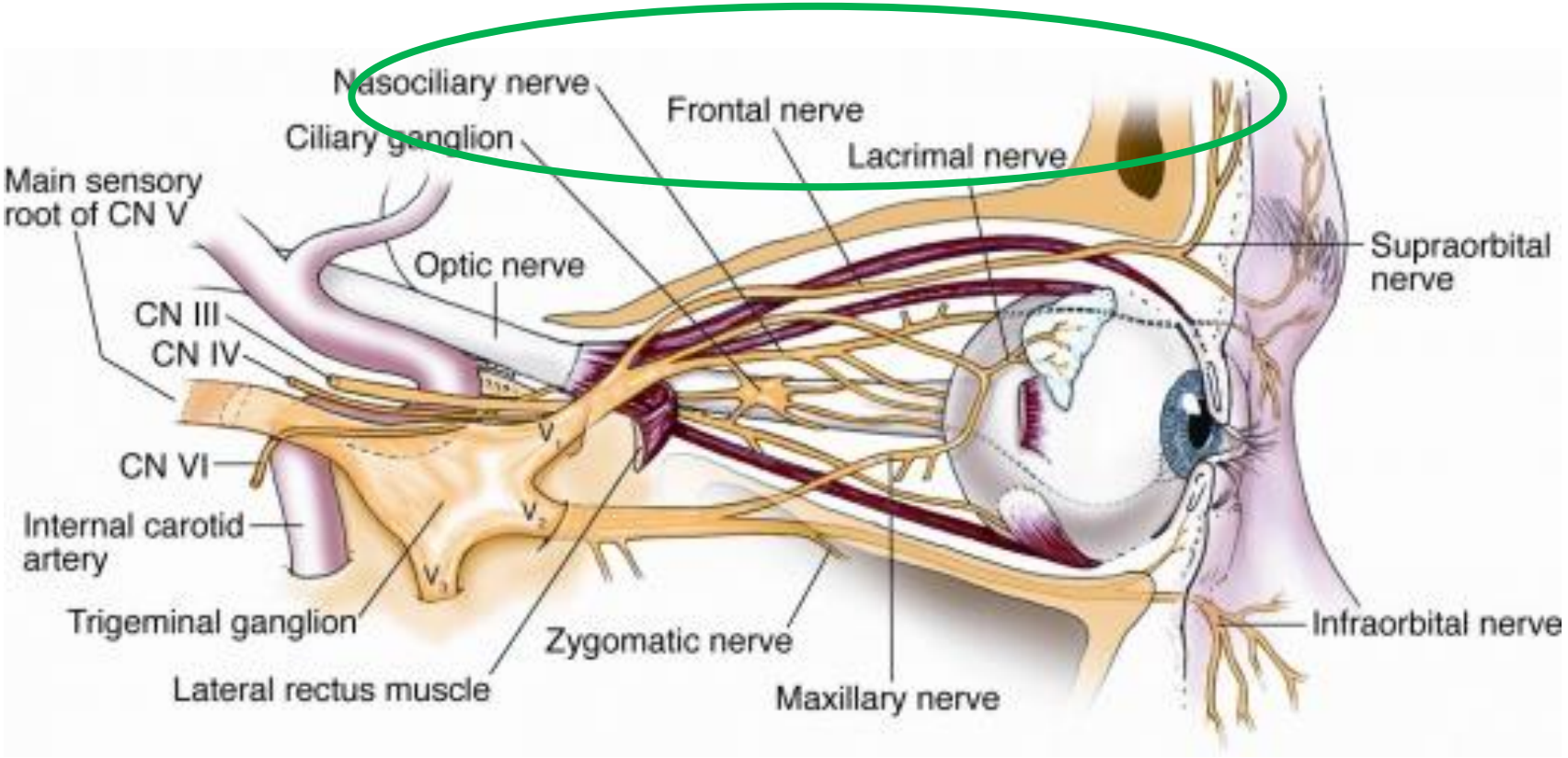
- **n. opticus** – *senzorický*
  - pars intraocularis, canalis, intracranialis
  - vagina interna, externa
- **n. ophthalmicus** → nn. ciliares longi – *somatosenzitivní*
- n. lacrimalis, n. frontalis, n. nasociliaris – *somatosenzitivní* pro okolí
- ganglion ciliare → nn. ciliares breves – *autonomní (visceromotorické)*

  (sympatikus se nepřepojuje, parasympatikus ano)
- **n.III., n. IV., n.VI** – *motorické*

Nervové zásobení oka

- **n. opticus** – *senzorický*
  - pars intraocularis, canalis, intracranialis
  - vagina interna, externa
- **n. ophthalmicus** → nn. ciliares longi – *somatosenzitivní*
- n. lacrimalis, n. frontalis, n. nasociliaris – *somatosenzitivní* pro okolí
- ganglion ciliare → nn. ciliares breves – *autonomní (visceromotorické)*

  (sympatikus se nepřepojuje, parasympatikus ano)
- **n.III., n. IV., n.VI** – *motorické*

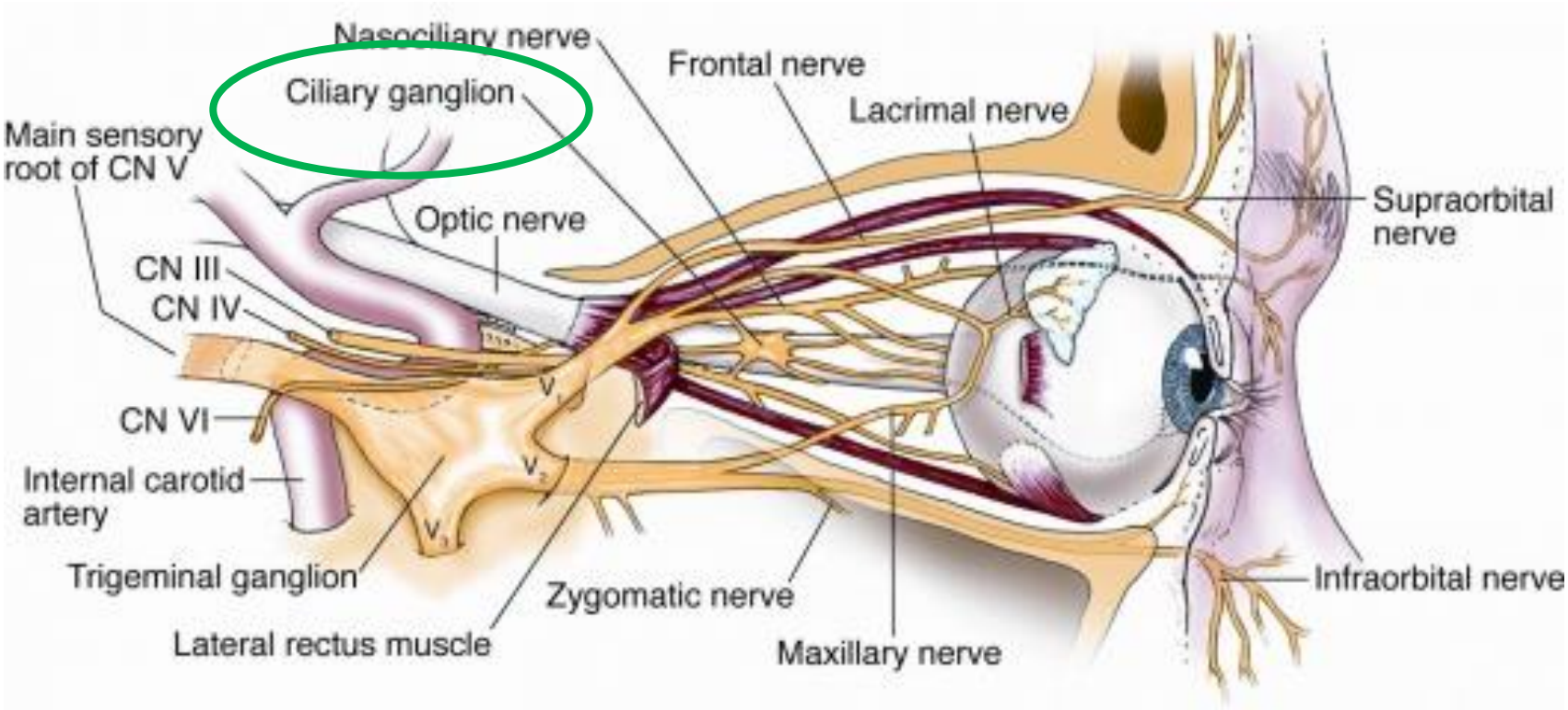


https://eyewiki.aao.org/Nerve_Supply_of_the_Eyelids

Nervové zásobení oka

- **n. opticus** – *senzorický*
  - pars intraocularis, canalis, intracranialis
  - vagina interna, externa
- **n. ophthalmicus** → nn. ciliares longi – *somatosenzitivní*
- n. lacrimalis, n. frontalis, n. nasociliaris – *somatosenzitivní* pro okolí
- ganglion ciliare → nn. ciliares breves – *autonomní (visceromotorické)*

  (sympatikus se nepřepojuje, parasympatikus ano)
- **n.III., n. IV., n.VI** – *motorické*

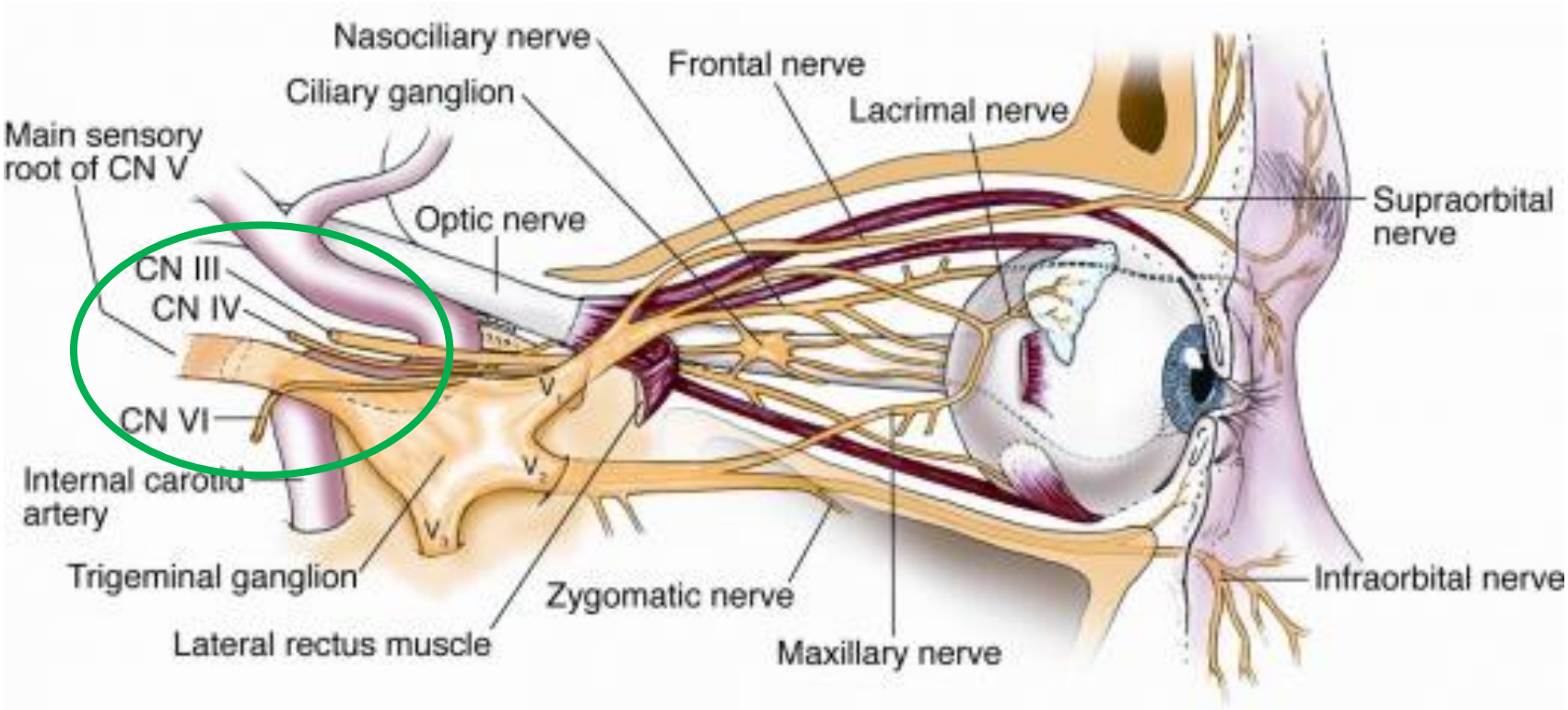


https://eyewiki.aao.org/Nerve_Supply_of_the_Eyelids

Nervové zásobení oka

- **n. opticus** – *senzorický*
  - pars intraocularis, canalis, intracranialis
  - vagina interna, externa
- **n. ophthalmicus** → nn. ciliares longi – *somatosenzitivní*
- n. lacrimalis, n. frontalis, n. nasociliaris – *somatosenzitivní* pro okolí
- ganglion ciliare → nn. ciliares breves – *autonomní (visceromotorické)*

  (sympatikus se nepřepojuje, parasympatikus ano)
- **n.III., n. IV., n.VI** – *motorické*



https://eyewiki.aao.org/Nerve_Supply_of_the_Eyelids

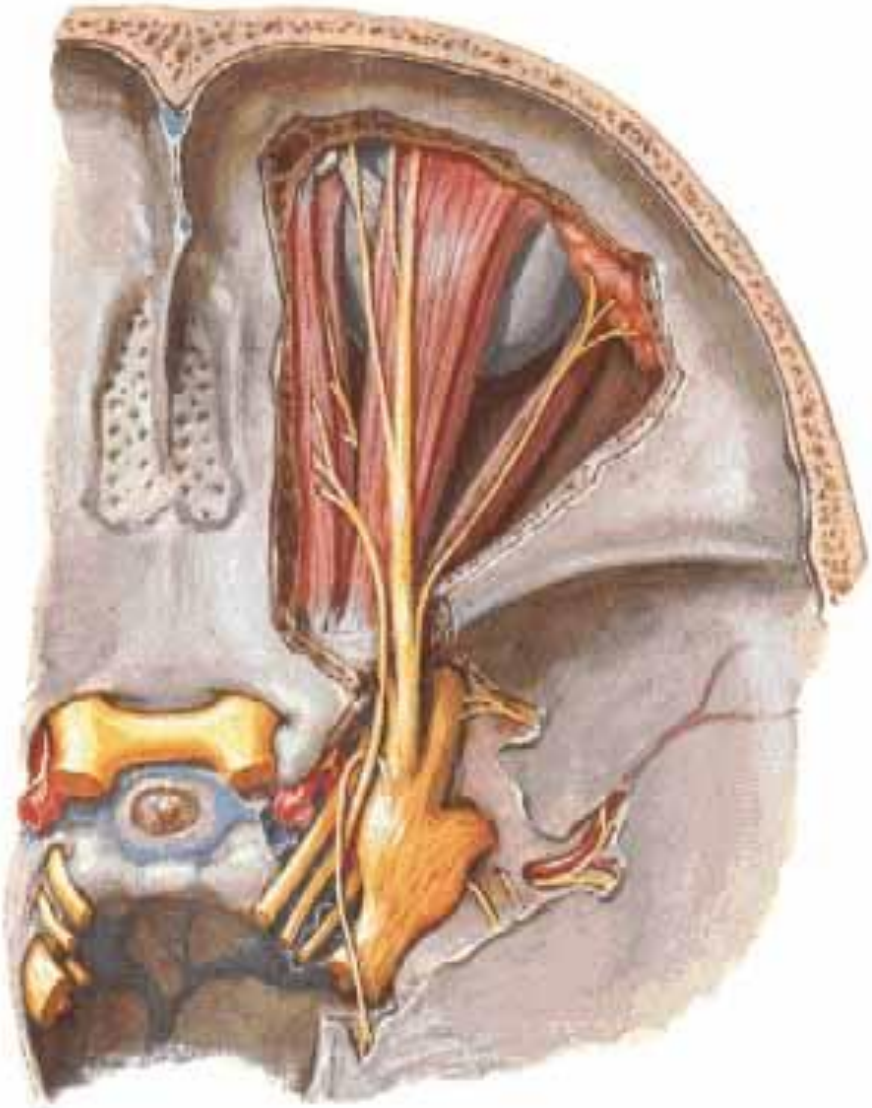
Nervové zásobení oka

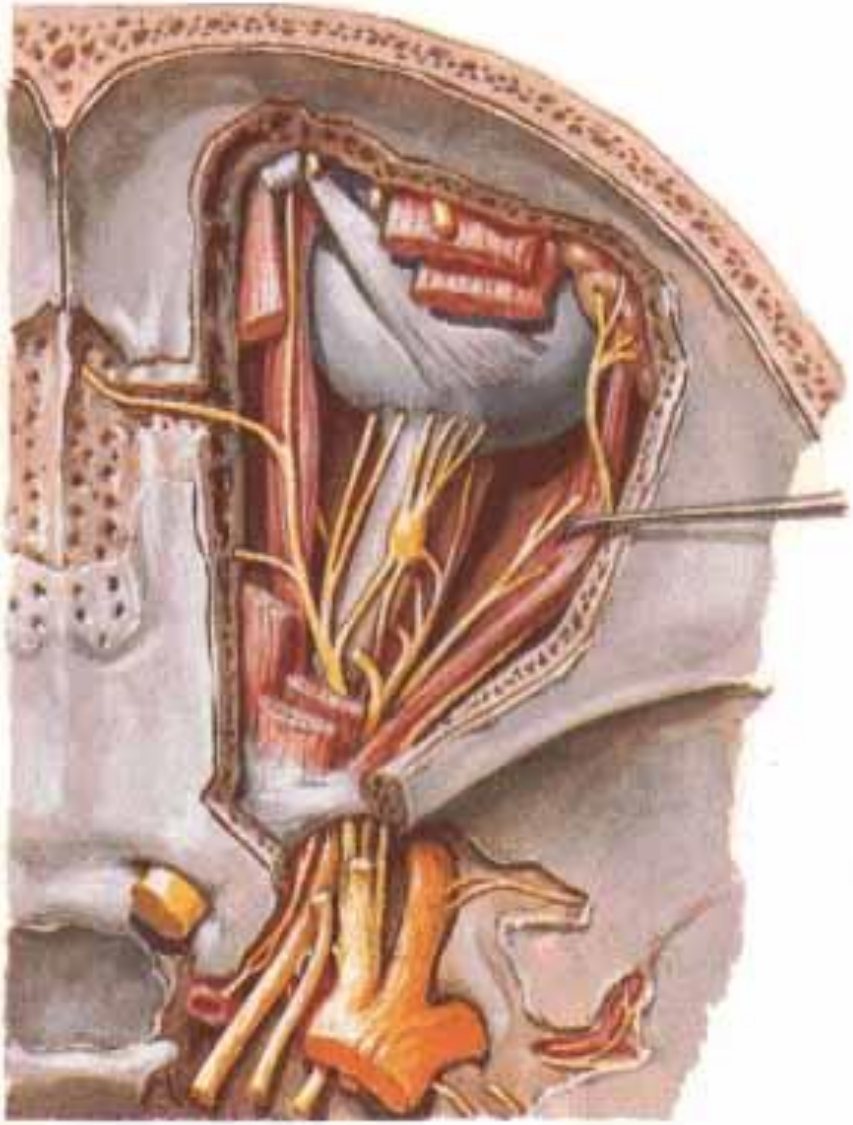
- **n. opticus** – *senzorický*
  - pars intraocularis, canalis, intracranialis
  - vagina interna, externa
- **n. ophthalmicus** → nn. ciliares longi – *somatosenzitivní*
- n. lacrimalis, n. frontalis, n. nasociliaris – *somatosenzitivní* pro okolí
- ganglion ciliare → nn. ciliares breves – *autonomní (visceromotorické)*

  (sympatikus se nepřepojuje, parasympatikus ano)
- **n.III., n. IV., n.VI** – *motorické*

Nerves of Orbit

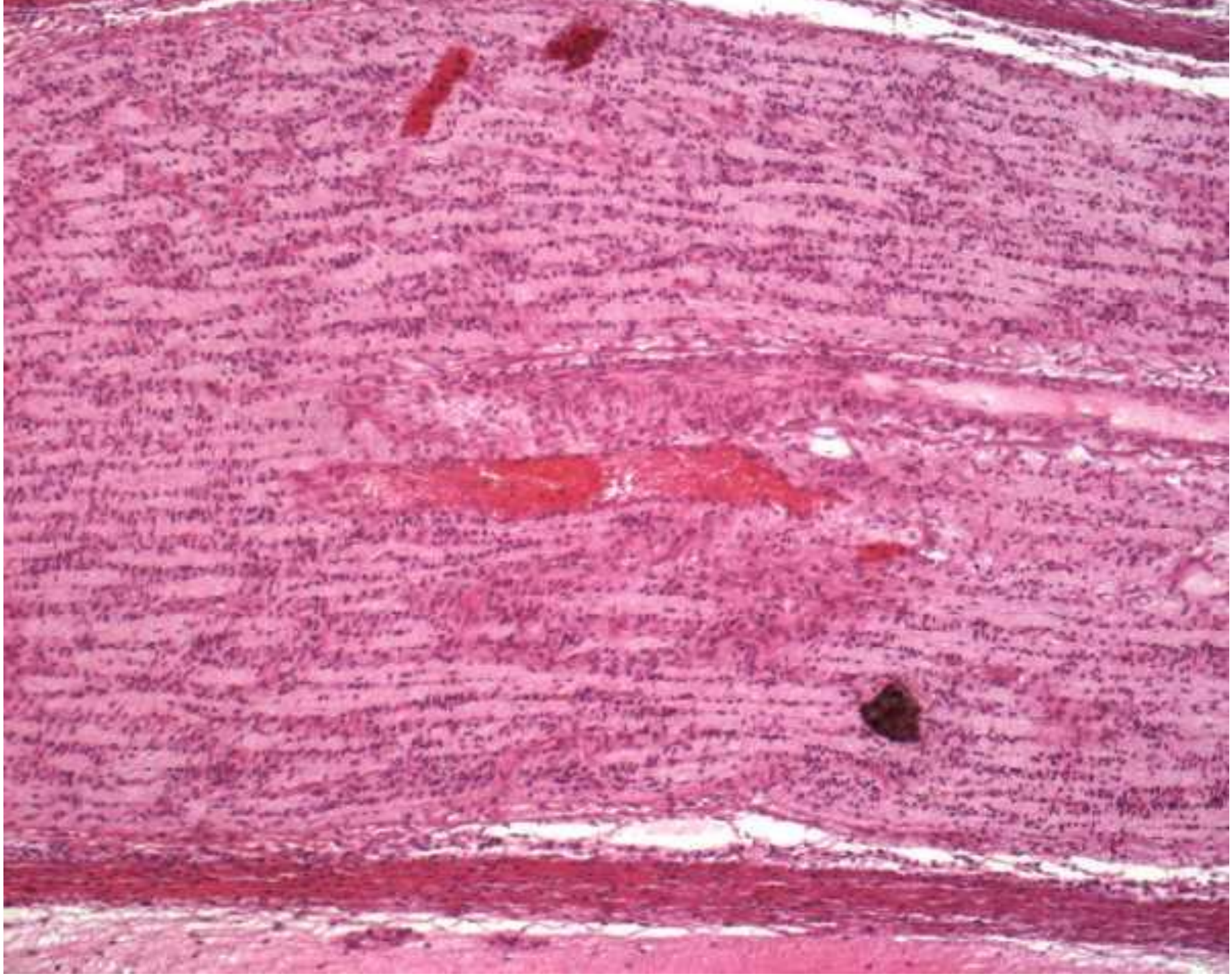
Superior View





Nervus opticus

- čistě senzorický
- výchlipka diencefala (thalamus opticus)
- axony odděleny endoneuriem
- na povrchu jsou analogy mozkových obalů
  - vagina externa = pachymeninx (dura mater)
  - vagina interna = leptomeninx (pia+ ar.)
- nervem probíhá a. et v. centralis retinae



Projekční → Vzestupné → Senzorické

ZRAKOVÁ DRÁHA

4-neuronová, částečně zkřížená dráha

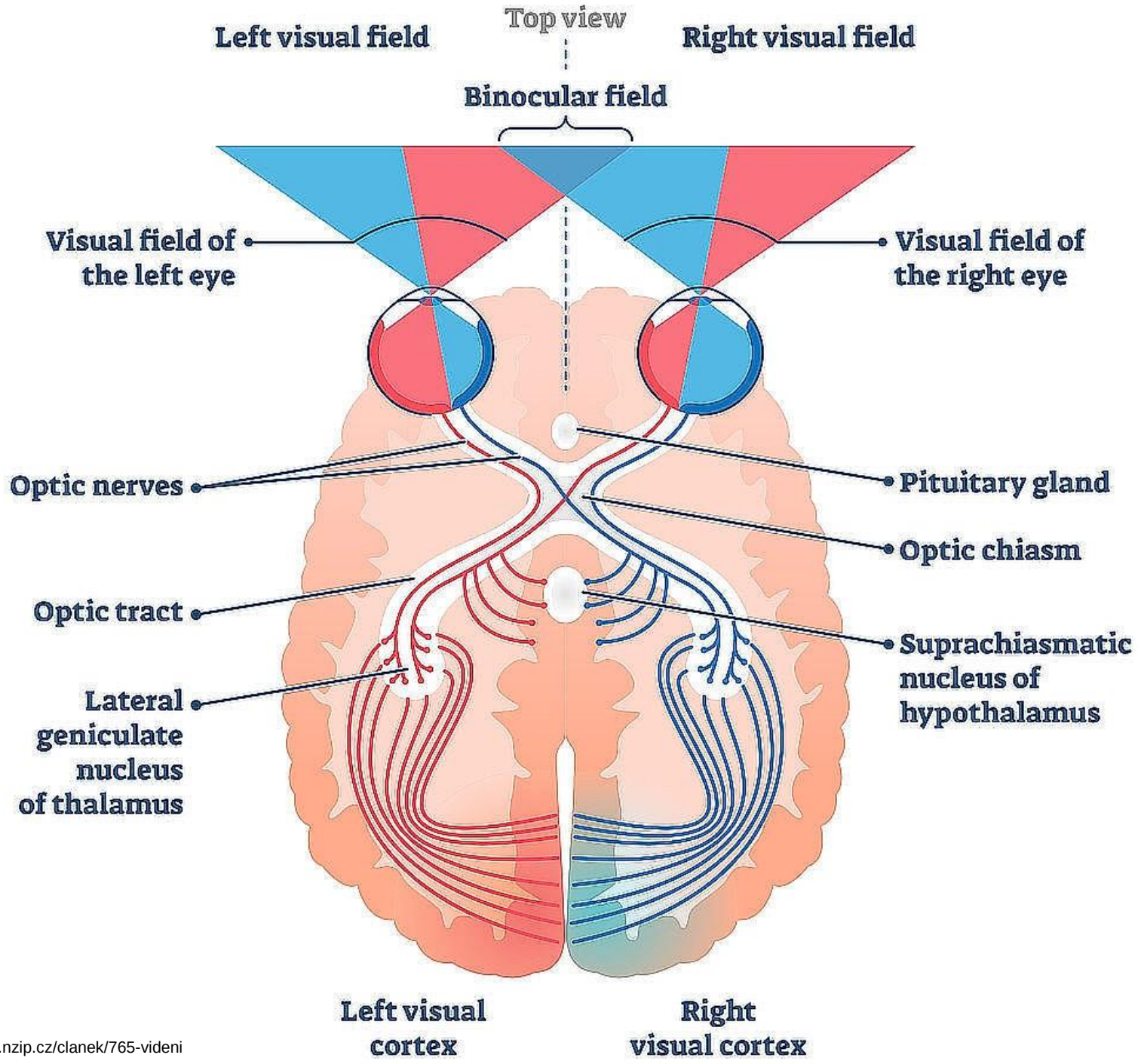
1.N: tyčinky a čípky sítnice

2.N: bipolární buňky sítnice

3.N: gangliové buňky sítnice → n. II → chiasma opticum → corpus geniculatum laterale (thalamus)

4.N: buňky v nucleus corporis geniculati lateralis → fibrae geniculocalcarinae corticalis (= radiatio optica *Gratioleti*) → lobus occipitalis, area 17 (kolem sulcus calcarinus)

- dolní (Meyerova-Archimbaultova) klička
- střední svazek
- horní (Baumova) klička přímo temenním lalokem – horní polovina sítnice (dolní 1/2 zorného pole)



https://www.nzip.cz/clanek/765-videni

Projekční → Vzestupné → Senzorické

ZRAKOVÁ DRÁHA

4-neuronová, částečně zkřížená dráha

1.N: tyčinky a čípky sítnice

2.N: bipolární buňky sítnice

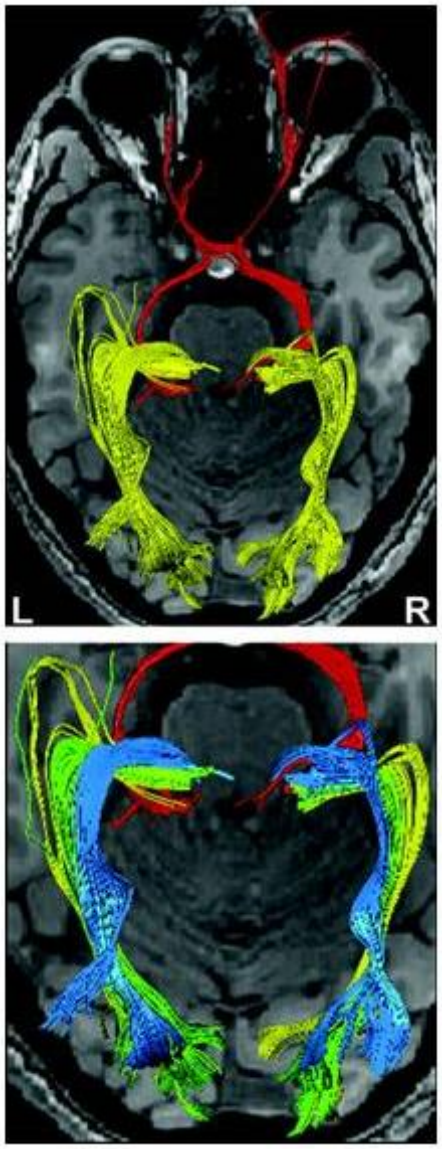
3.N: gangliové buňky sítnice → n. II → chiasma opticum → corpus geniculatum laterale (thalamus)

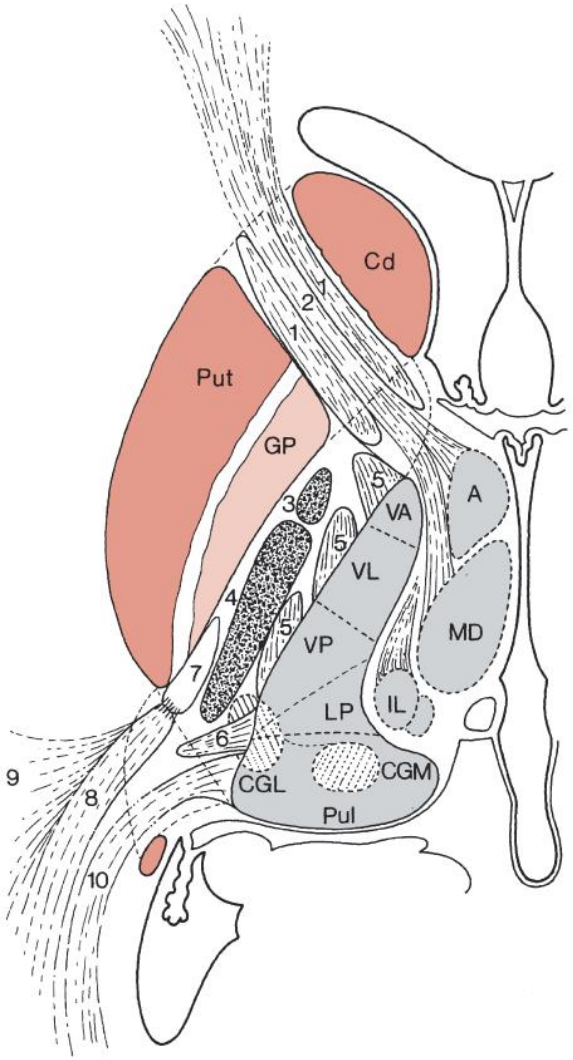
4.N: buňky v nucleus corporis geniculati lateralis → fibrae geniculocalcarinae corticalis (= radiatio optica *Gratioleti*) → lobus occipitalis, area 17 (kolem sulcus calcarinus)

- dolní (Meyerova-Archimbaultova) klička
- střední svazek
- horní (Baumova) klička přímo temenním lalokem – horní polovina sítnice (dolní 1/2 zorného pole)

Radiatio optica

- **fasciculus anterior** = dolní (**Meyerova-Archimbaultova**)
  - klička tvoří oblouk kolem dolního rohu postranní komory ve spánkovém laloku
  - dolní polovina sítnice (horní 1/2 zorného pole)
- **fasciculus centralis**
- **fasciculus posterior** = horní
  - klička přímo temenním lalokem
  - horní polovina sítnice (dolní 1/2 zorného pole)



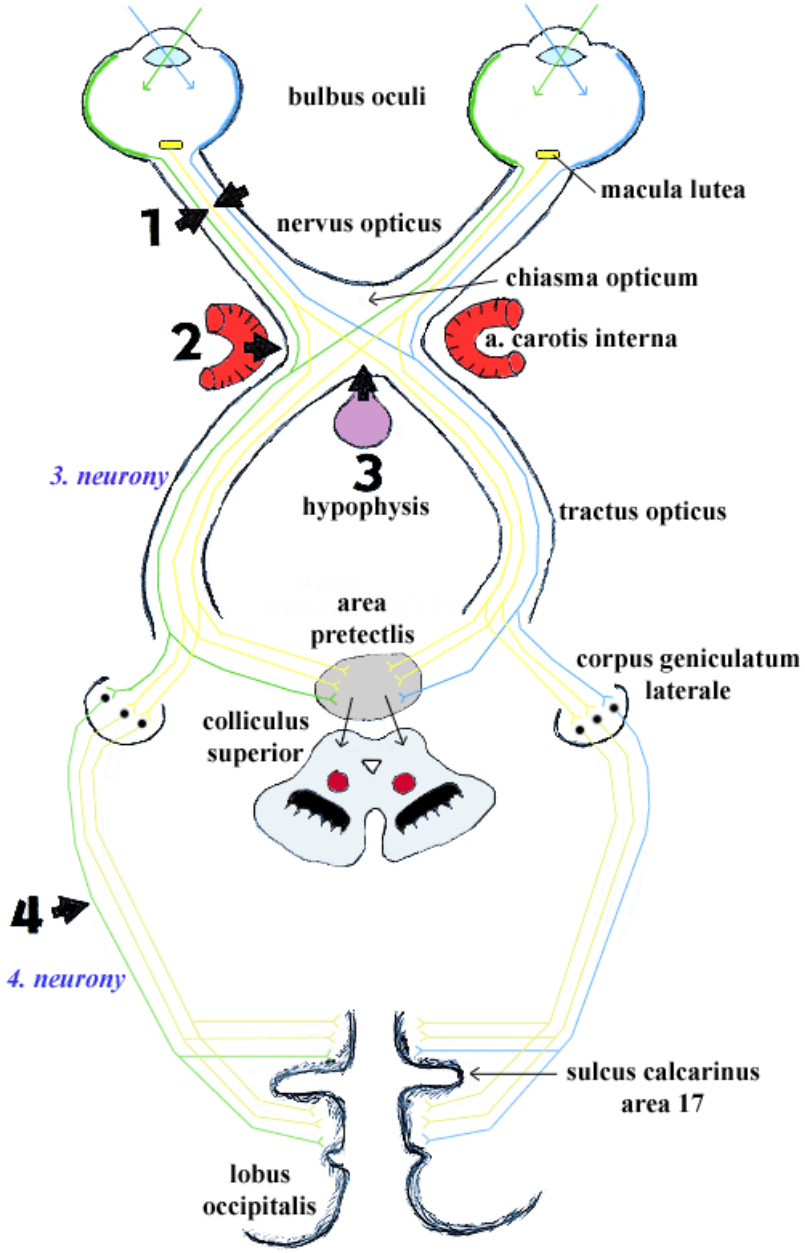


Projekční → Vzestupné → Senzorické
ZRAKOVÁ DRÁHA – odbočky od 3. neuronu

- radix optica hypothalamica do **nucleus suprachiasmaticus** (a paraventricularis) – převádí zrakové signály na nejvyšší autonomní centra (vidění jídla = slinění)
- radix medialis (optica mesencephalica) do **area pretectalis** k ncll. pretectales (4.N) – dráha zornicového (pupilárního) reflexu
  - pro **miózu**: → 5.N: nucleus accessorius dorsalis n. III *Edinger-Westphal* → parasympatickou dráhou s n. III → 6.N: ganglion ciliare → nn. ciliares breves → m. ciliaris et m. sphincter pupillae (akomodace + mióza)

Projekční → Vzestupné → Senzorické ZRAKOVÁ DRÁHA – odbočky od 3. neuronu

- pro **mydriázu**: → 5.N: retikulární formace → tractus reticulospinalis → 6.N: centrum ciliospinale *Budge (*C8-T1) → r.com.albus → ggl. stellatum (bez přepojení) → truncus sympathicus → 7.N: ganglion cervicale superius → n. et plexus caroticus internus → plexus ophthalmicus → ggl. ciliare (bez přepojení) → nn. ciliares breves → m. dilatator pupillae (mydriáza) /
- dráha pro **konvergenci**: 4.N: nucleus interstitialis *Cajali* → fasciculus longitudinalis medialis (zkříženě i nezkříženě) → 5.N jádra všech okohybných nervů
- **tektální zrakový okruh** → tractus tectospinalis
  - řízení souhybů očí, hlavy a krku směrem ke zrakovým podnětům a ke koordinaci s celkovými pohyby těla



1 - amaurosis (= slepota) *levého oka*
2 - hemianopsia nasalis (*porucha jen na levém oku)*
3 - hemianopsia heteronyma bitemporalis
4 - hemianopsia homonyma dextra

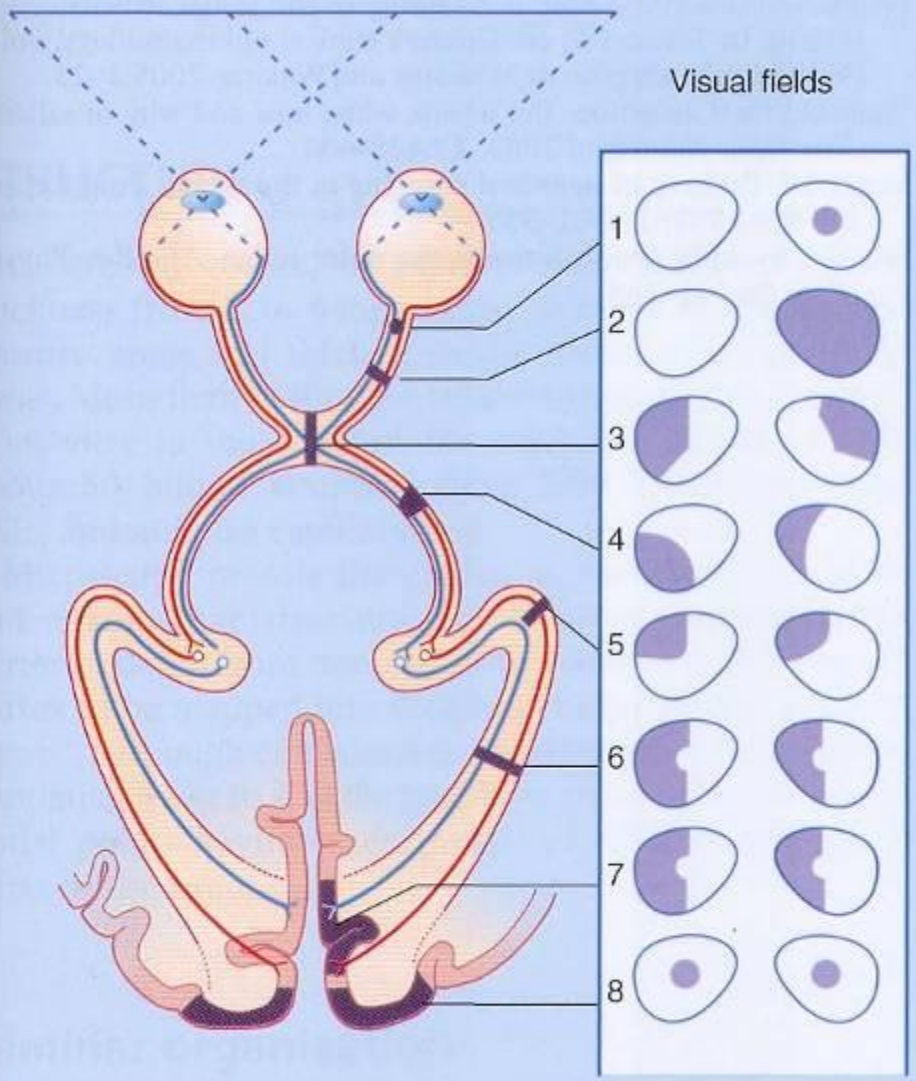


Table CP 28.1.1 Classification of dyphasia.

Number	Lesion	Field defect
1	Partial optic nerve	Ipsilateral scotoma[a]
2	Complete optic nerve	Blindness in that eye
3	Optic chiasm	Bitemporal hemianopia
4	Optic tract	Homonymous[b] hemianopia
5	Meyer's loop	Homonymous upper quadrantanopia
6	Optic radiation	Homonymous hemianopia
7	Visual cortex	Homonymous hemianopia
8	Bilateral macular cortex	Bilateral central scotomas

Vývoj nervus opticus

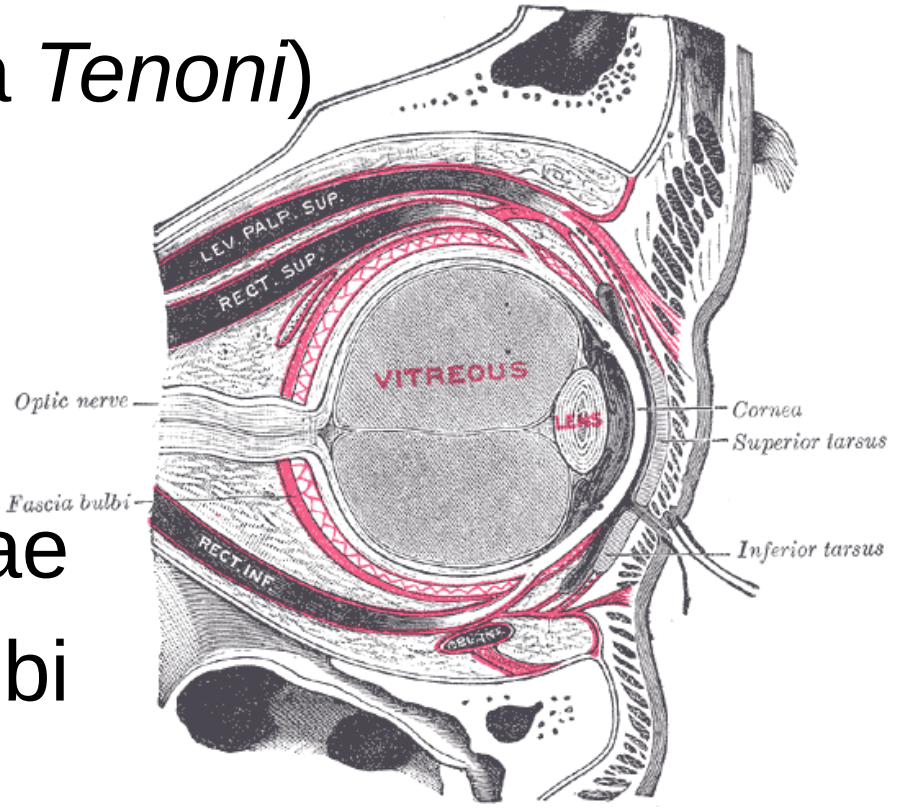
- vlákna z gangliových buněk prorůstají stopkou
- lumen stopky zaniká
- štěrbina (vchlípenina) zaniká

Přídatné orgány oka
Structurae oculi accessoriae

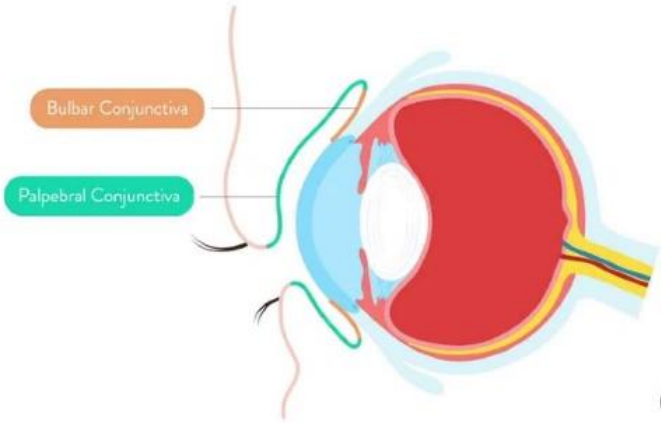
- vazivové ústrojí = *apparatus ligamentosus*
- víčka = *palpebrae*
- spojivka = *tunica conjunctiva*
- slzné ústrojí = *apparatus lacrimalis*
- svalové ústrojí = *apparatus muscularis*
- obočí = *supercilium*

Vazivové ústrojí
Apparatus ligamentosus

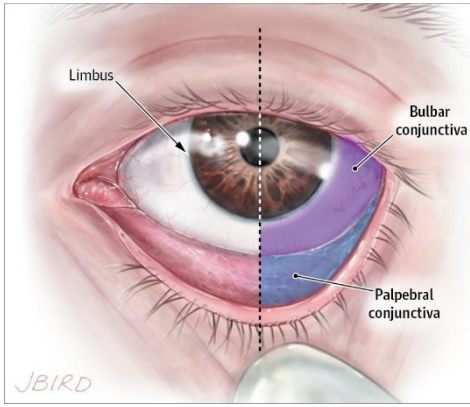
- periorbita
  - membrana orbitalis (+ m. orbitalis)
- vagina bulbi (= capsula *Tenoni*)
  - lig. suspensorium bulbi
- septum orbitale
- spatium episclerale
- corpus adiposum orbitae
- fasciae musculares bulbi

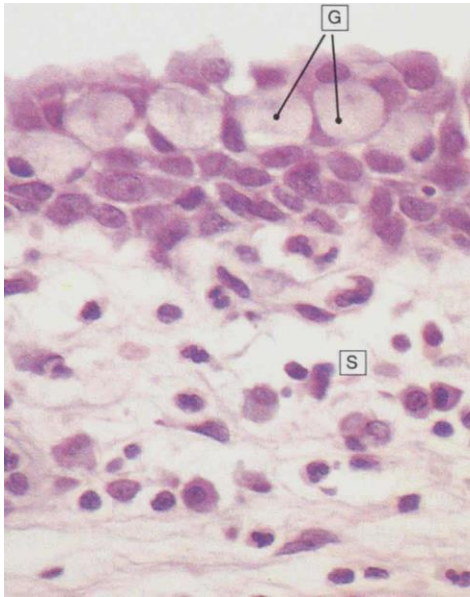


Spojivka
Tunica conjunctiva

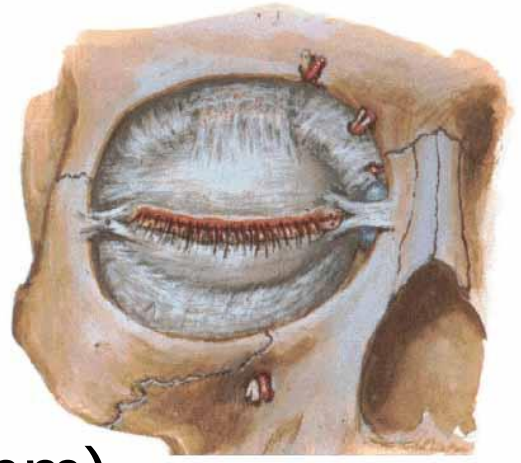


- t.c.bulbi et palpebrarum
- fornix superior + inferior
- pokračování epitelu rohovky, přechází zezadu na oční víčko, kryje přední stranu oční koule
- vícevrstevný (2-5) nízce kubický až cylindrický epitel
- pohárkové buňky + lymfocyty + melanocyty
- CALT = mízní uzlíky
- slzový film (*irroratio lacrimarum*)
- glanduale conjuctivales *Wolfringi* (2-5 nahoře)
- glandulae lacrimales accessoriae *Krausei* (5-40 nahoře, 1-10 dole)
- caruncula lacrimalis



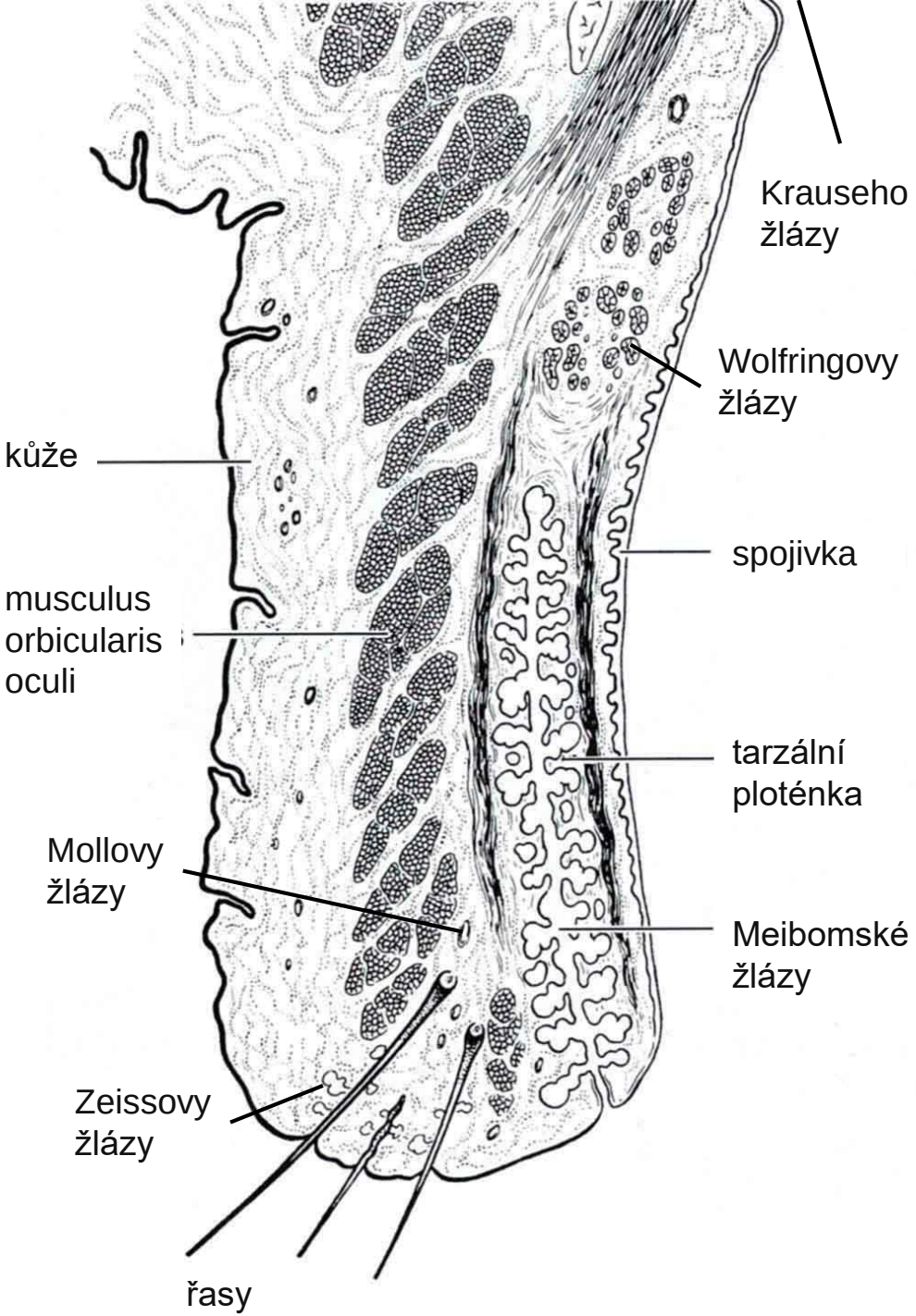


Víčka = *Palpebrae*

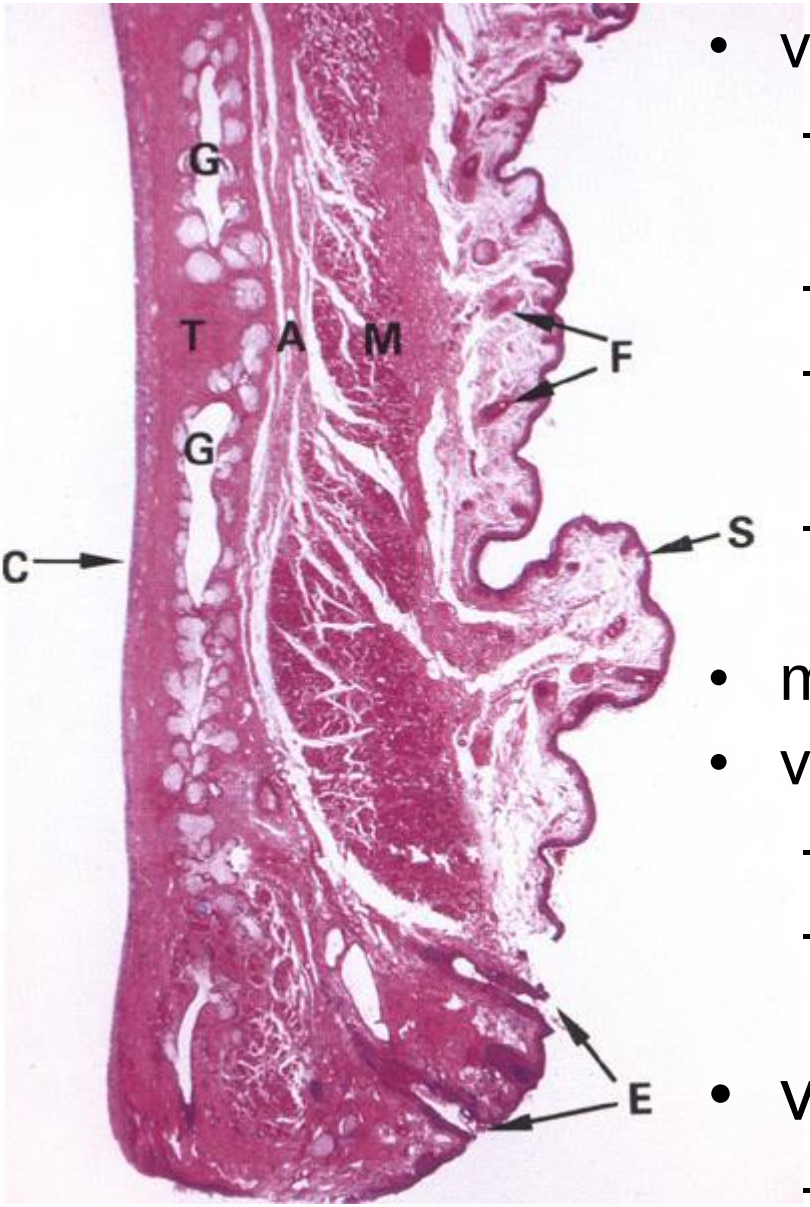


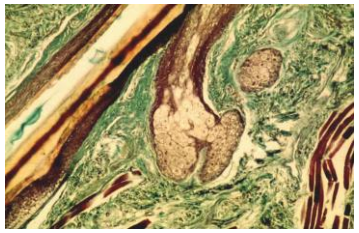
- palpebra superior + inferior
- tarsus superior (10 mm) + inferior (5 mm)
- lig. palpebrale med. (2 pruhy) + lat.
- rima palpebrarum, commissura palp. med.+lat.
- facies ant.+post., limbus ant.+ post.
- angulus oculi med.+ lat.
- m. tarsalis sup.(Mülleri) + inf. – *hladké svaly*
- pars palpebralis m. orbicularis oculi – n. VII
- m. levator palpebrae superioris – n. III
- řasy = cilia

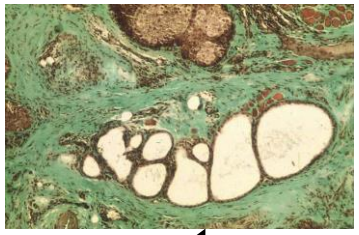
Víčko


Krauseho žlázy
Wolfringovy žlázy
kůže
spojivka
musculus orbicularis oculi
tarzální ploténka
Mollovy žlázy
Meibomské žlázy
Zeissovy žlázy
řasy

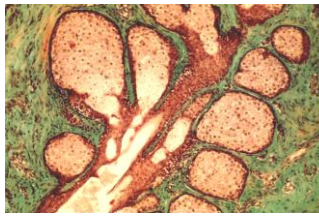
Víčka = *Palpebrae*

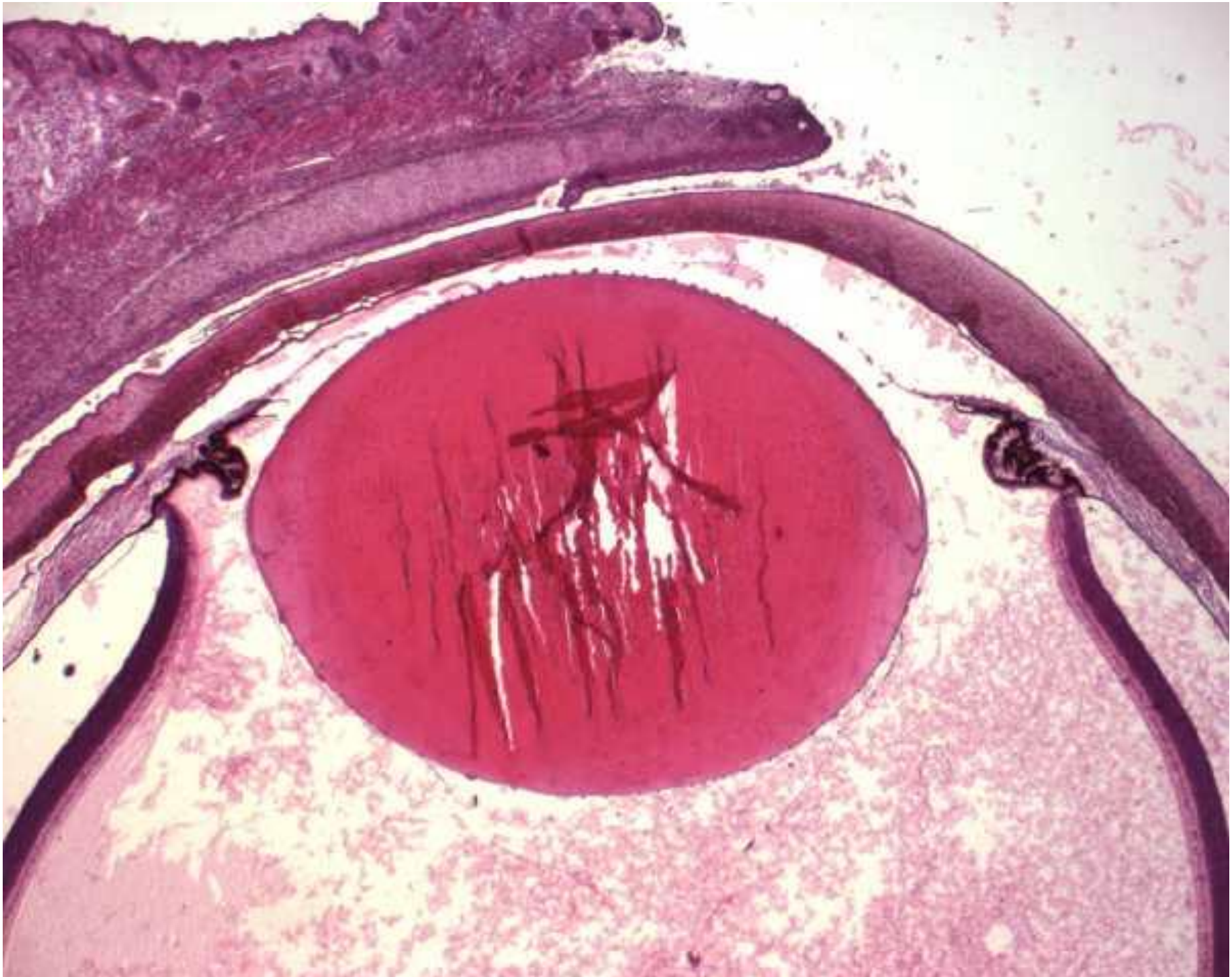






- vnější kožní část
  - vícevrstevný dlaždicový epitel rohovějící
  - chybí tuk
  - gll. sebaceae *Zeissi*
    - mazové žlázky – *hordeolum*
  - řasy (cilia) + gll. ciliares *Molli*
    - apokrinní žlázky
- m. orbicularis oculi (p. palpebralis)
- víčková (tarzální) ploténka = tarsus
  - fibroelastická
  - gll. tarsales *Meibomi (20-30)*
    - mazové žlázky – *chalazion*
- vnitřní spojivková část
  - přechod epitelů – žlábek



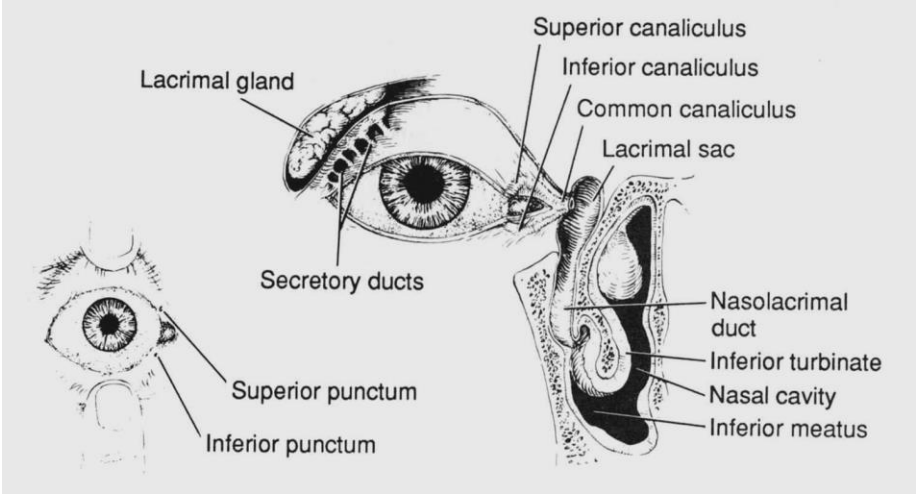


Vývoj očních víček

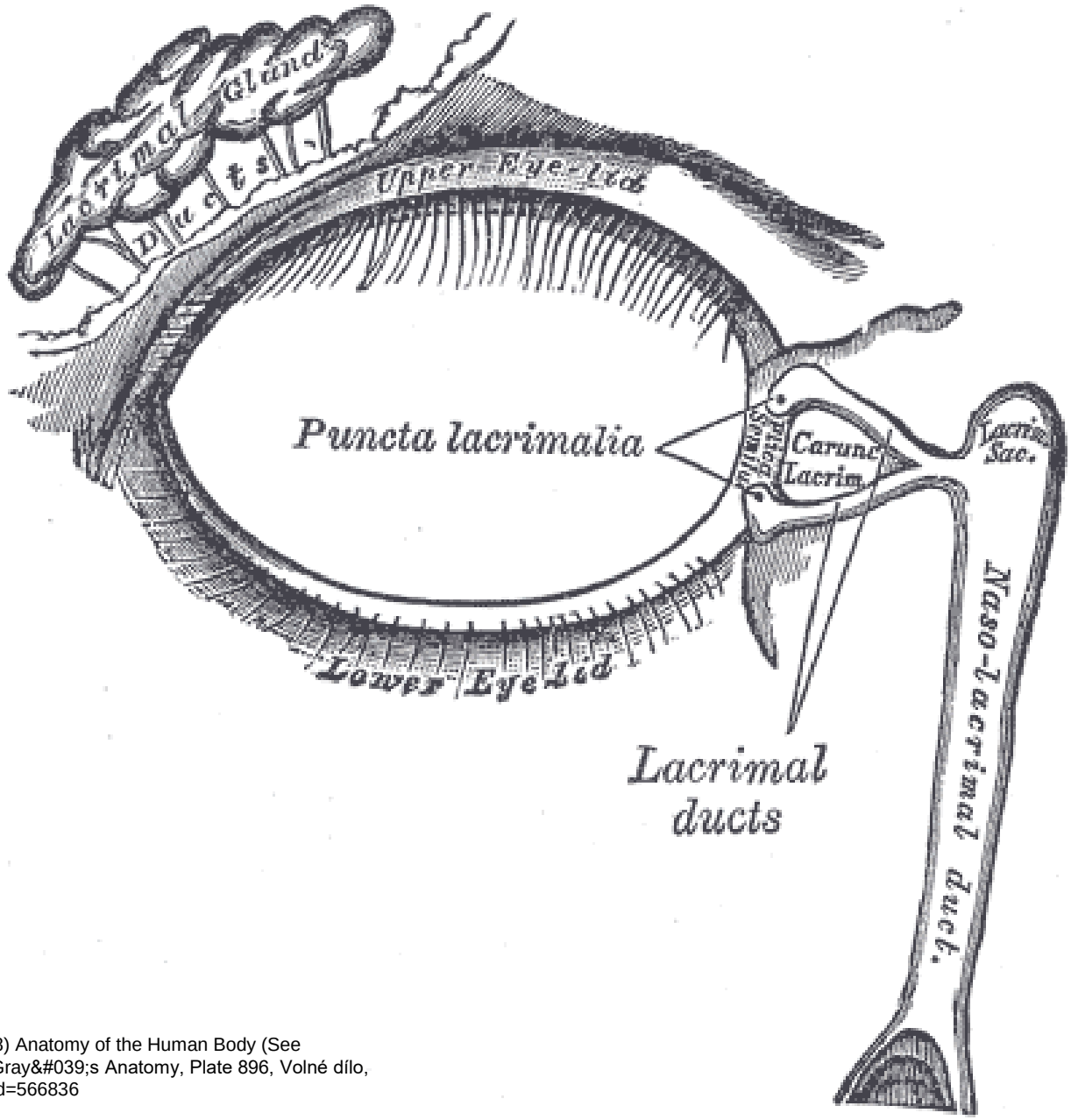
- 6. týden: kožní záhyby přes rohovku
- 10. týden: záhyby se spojují
- 28. týden: opět se otevírají
- mezi tím se zevnitř přikládá spojivka

- sval z II. žaberního oblouku
- tarzální ploténka a žlázy z mezenchymu

Slzné ústrojí
= Apparatus lacrimalis



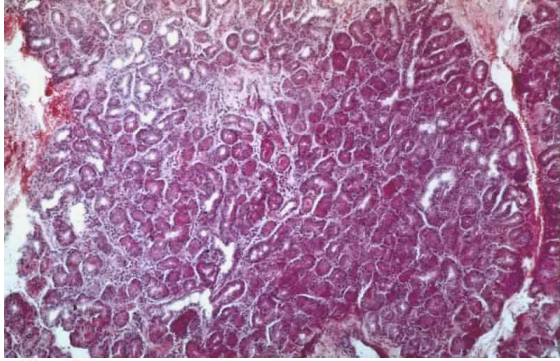
- glandula lacrimalis
  - pars orbitalis + palpebralis
  - 12–15 samostatných ductus excretorii
- glandulae lacrimales accessoriae *Krausei*
- rivus lacrimalis
- lacus, papilla, caruncula lacrimalis
- puctum, canaliculus lacrimalis sup.+inf. → communis
- saccus lacrimalis → ductus nasolacrimalis (obsahuje plica lacrimalis *Hasneri*) → meatus nasi inf.
- v odvodních slzných cestách více droboučkých řas



Autor: Henry Vandyke Carter – Henry Gray (1918) Anatomy of the Human Body (See "Book" section below)Bartleby.com: Gray's Anatomy, Plate 896, Volné dílo, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=566836

Glandula lacrimalis

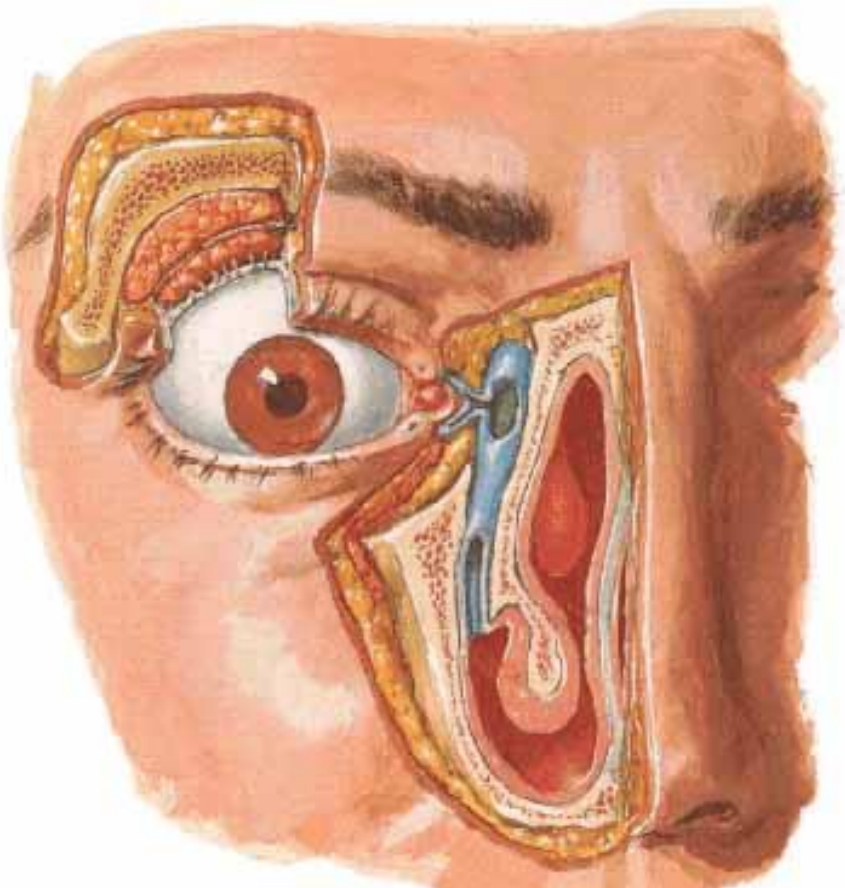
- tuboacinózní serózní žlázy s myoepitelovými buňkami

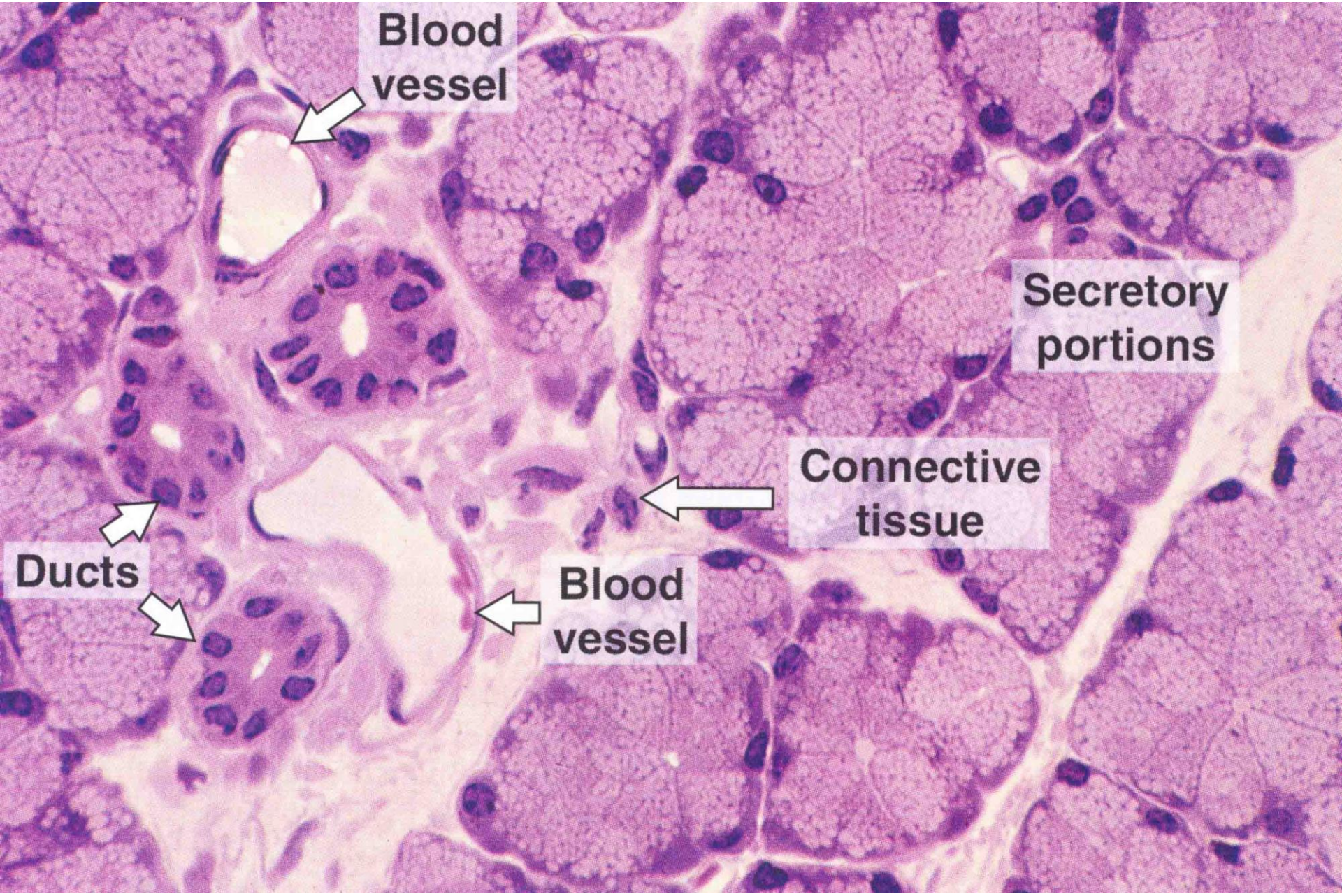


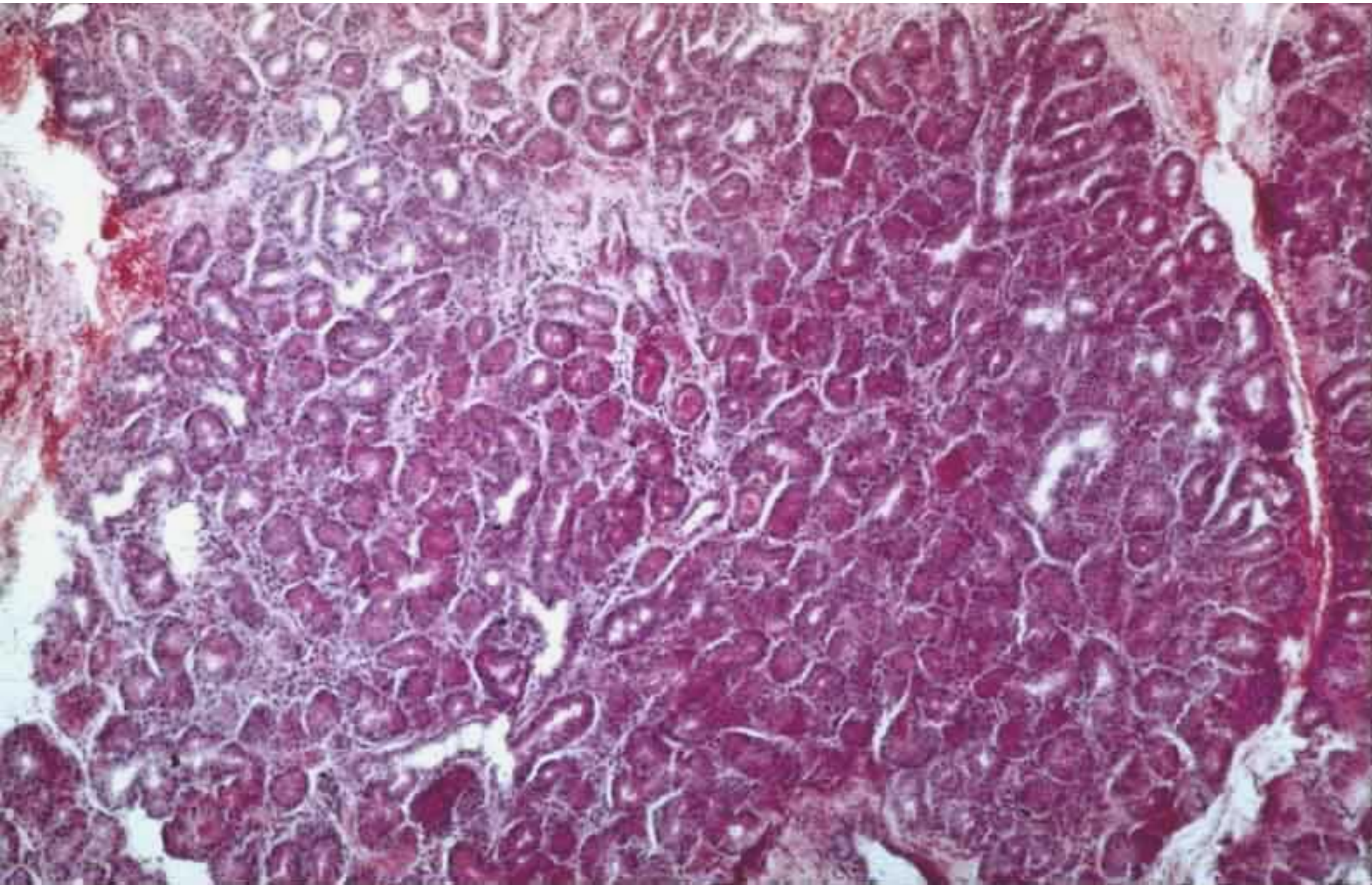
Lacrimal Apparatus in Situ

Lacrimal Apparatus

Dissection




Blood vessel
Secretory portions
Connective tissue
Ducts
Blood vessel



Vývoj slzných žláz

- výchlipky povrchového ektodermu

- nefunkční asi do 6. týdne
  - novorozenec neslzí

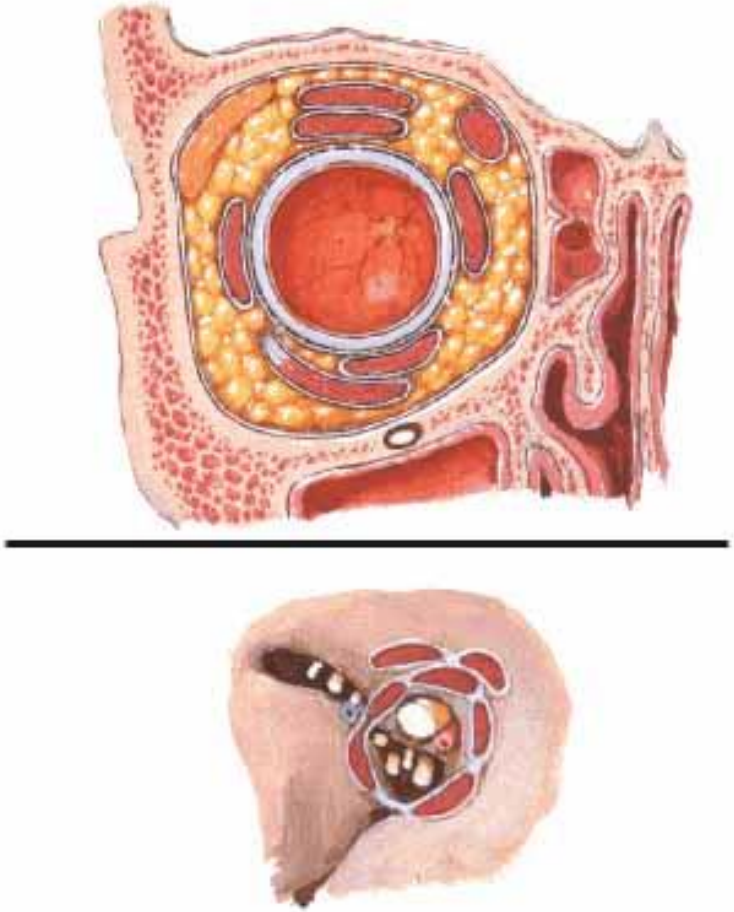
Svalové ústrojí

- mm. **recti** bulbi: sup., inf., med., lat. (VI.)
- mm. **obliqui** bulbi: inf., sup.(IV.)
  - /fovea trochlearis, spina trochlearis, trochlea, vagina m.o.b.s./
- m. levator palpebrae sup. (pars spf.+prof.)
- n. III – ostatních 5 svalů

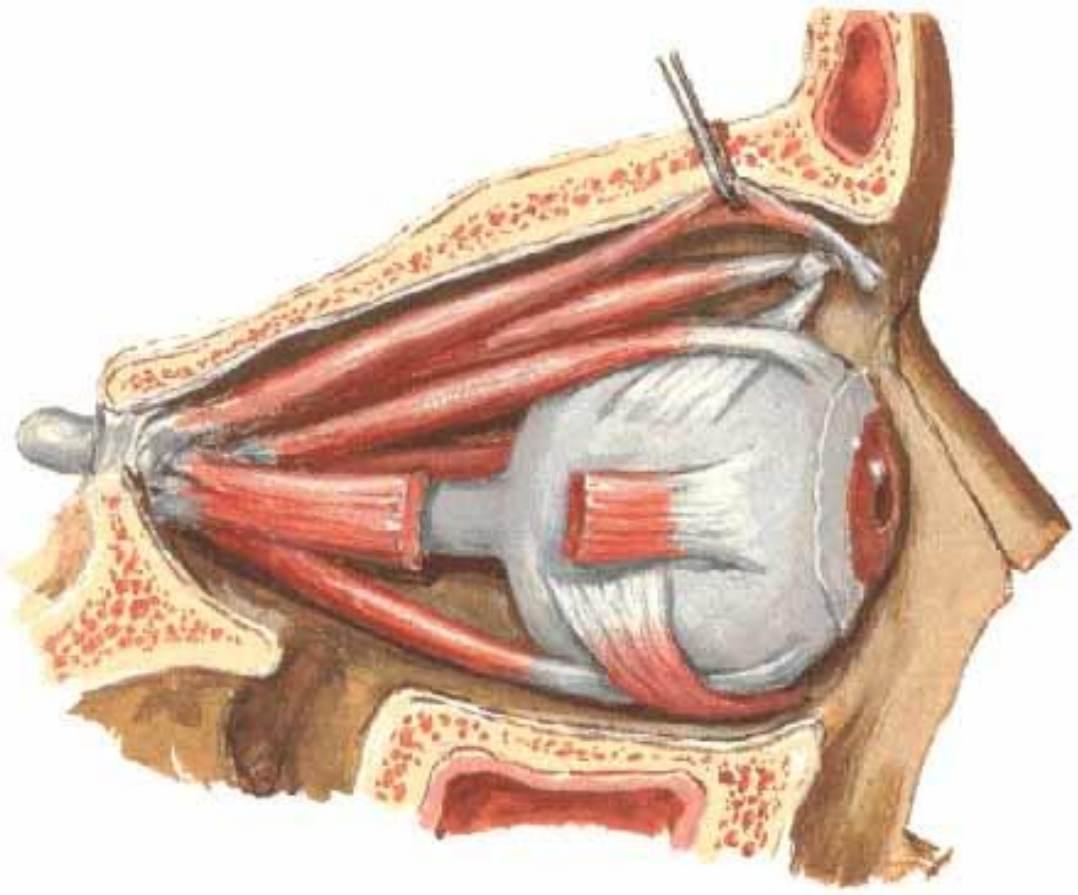
- *hladké svaly:* m. orbitalis *Mülleri*, m. tarsalis sup. *Mülleri* + inf.

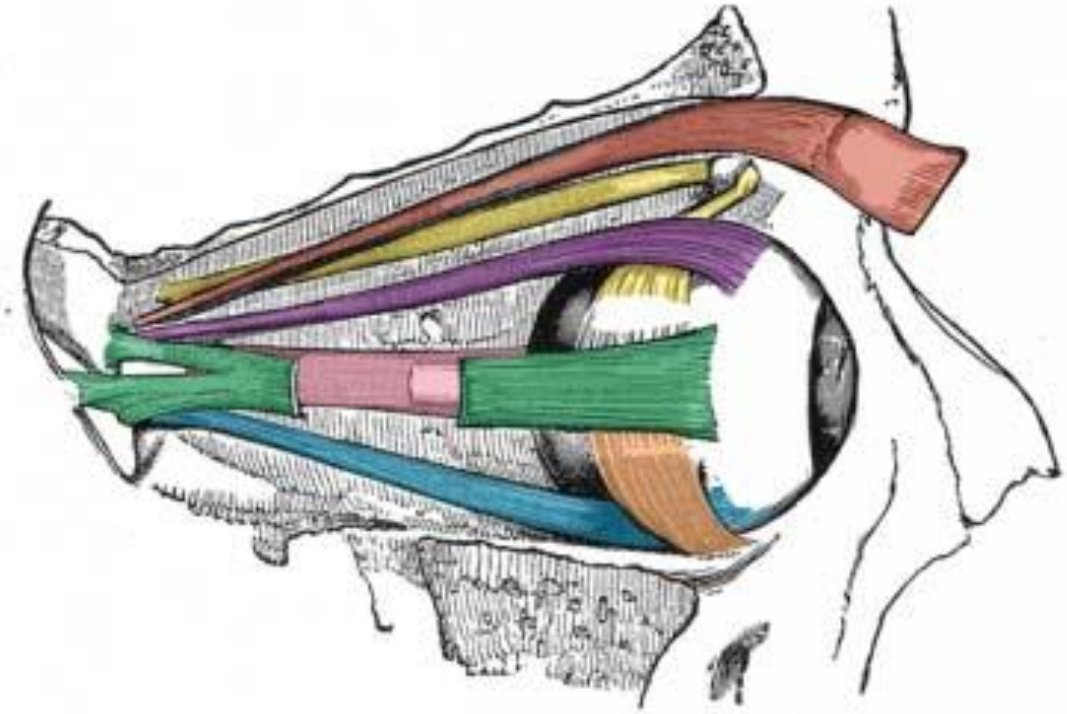
Svalové ústrojí

Fascia of Orbit and Eyeball
Frontal Section and Entering Structures



Extrinsic Eye Muscles
Right Lateral View





- Levator palpebrae superioris
- Superior oblique
- Inferior oblique
- Superior rectus
- Medial rectus
- Lateral rectus
- Inferior rectus

© teachmeanatomy
The #1 Applied Human Anatomy Site on the Web

https://teachmeanatomy.info/head/organs/eye/

Pohyby oční koule I.

pohyby kolem os = dukce

- kolem vertikální osy
  - **addukce** (dovnitř)
  - **abdukce** (ven)
- kolem horizontální osy
  - **elevace** (sursumdukce; supradukce): vzhůru
  - **deprese** (deorsumdukce; infradukce): dolů
- kolem sagitální (předo-zadní) osy:
  - **intorze** (incyklodukce): překlopení dovnitř
  - **extorze** (excyklodukce): překlopení ven

Pohyby oční koule II.

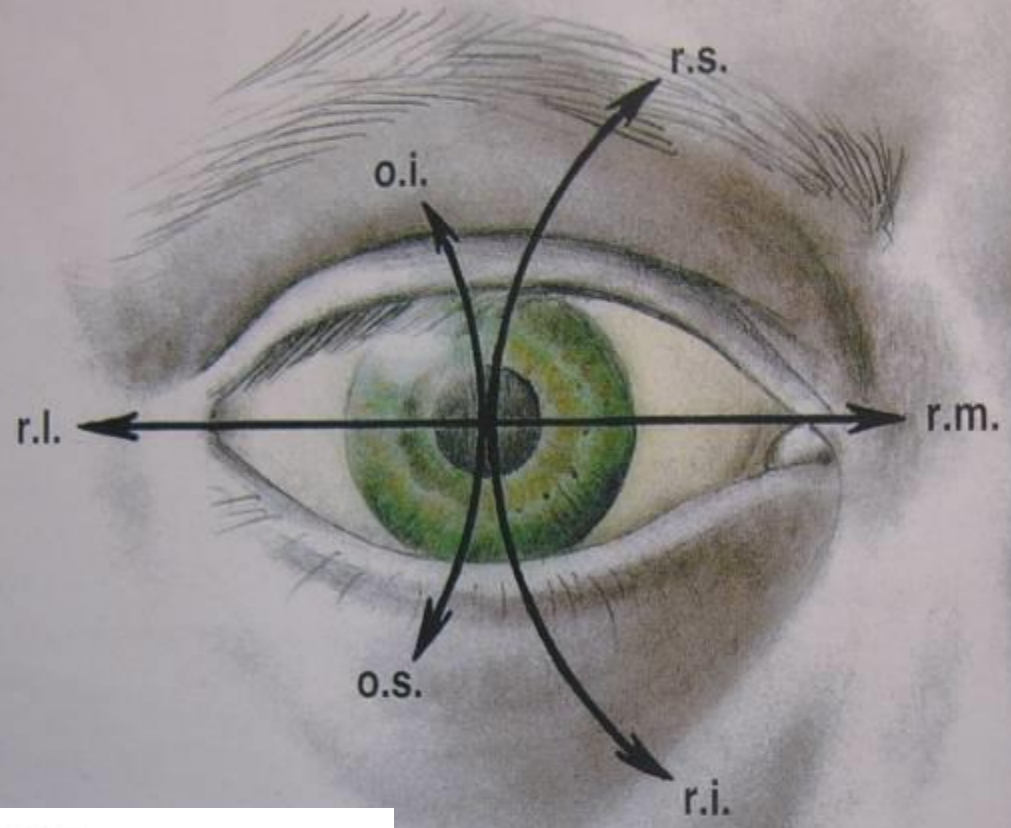
pohyby párové (současně oběma očima)

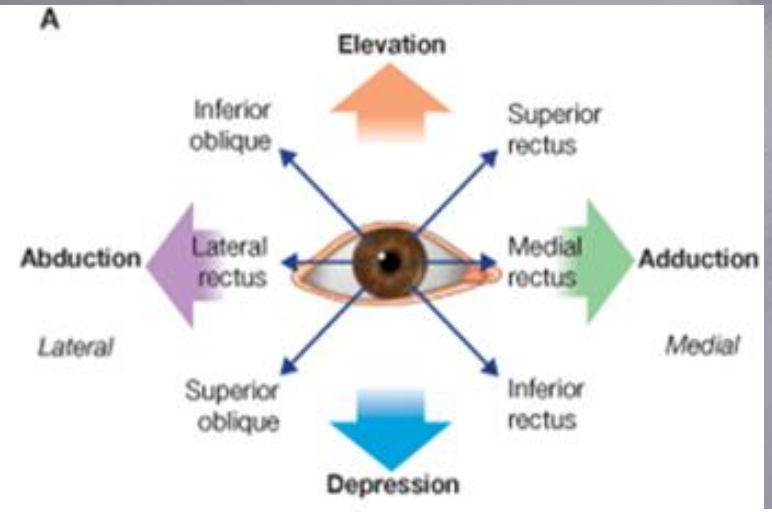
- stejnosměrné spřažené párové pohyby = **verze (konjugované pohyby)**
  - **dextro**verze (doprava) + **levo**verze (doleva)
  - supraverze (sursumverze) + infra/deorsumverze (nahoru + dolů)
  - dextro/levoelevace + dextro/levodeprese (nahoru/dolů a do strany)
  - dextro/levocykloverze (rotace doprava/doleva)

- protisměrné nespřažené párové pohyby = **vergence (nekonjugované pohyby)**
  - **konvergence** = souměrné sbíhání os obou koulí
  - **divergence** = rozbíhání os obou koulí

- *strabismus* = *heterotropie* = šilhání (squint)
  - jedno oko je trvale stočeno ven nebo dovnitř

Pohyby oční koule





Strabismus concomitans

- esotropie (s. convergens)

- exotropie (s. divergens)

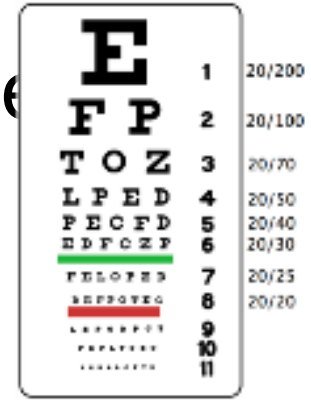
- hypertropie (s. sursumvergens)

- hypotropie (s. deosumvergens)

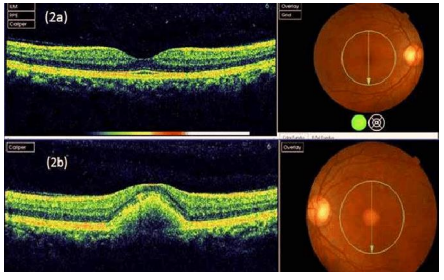
Vyšetření

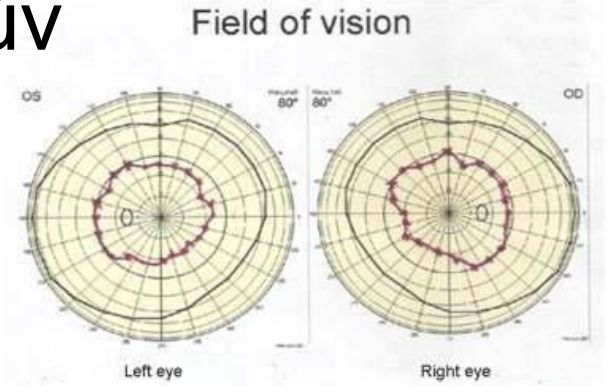
- štěrbinová lampa
- vyšetření očního pozadí – otok discus/papilla n. optici = zvýšený intrakraniální tlak

- perimetrie = vyšetření šíře zorného pole
- optometrie = vyšetření kvality zraku
- optotypy – Snellenův



- OCT



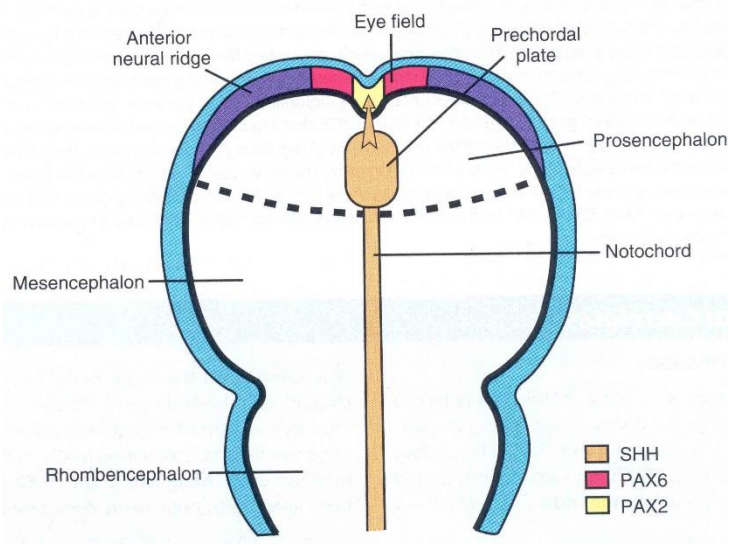


Příznaky a vady

- epiphora (nadměrné slzení)
- myopie – hypermetropie (krátko – dalekozrakost)
- hypermetrie (přestřelování – porucha mozečku!)
- presbyopie (vetchozrakost)
- hemeralopie (šeroslepost)
- amblyopie (tupozrakost) – *funkční porucha (např. při šilhání)*
- daltonismus (barvoslepost)

Vývoj zrakového ústrojí

- neuroektoderm předního mozku
- povrchový ektoderm hlavy
- mezenchym mezi
- buňky neurální lišty

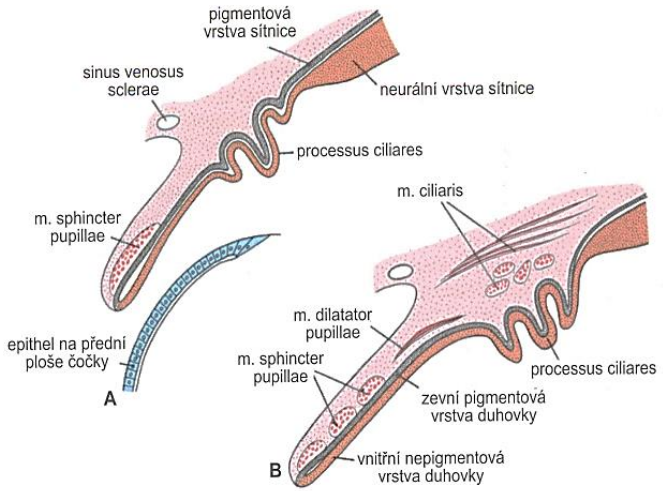


Vývoj oka v pohybu

- https://www.youtube.com/watch?v=ghHDFWlfpoQ
- https://www.youtube.com/watch?v=Xme8PA6xv-M

Vývoj řasnatého tělesa

- vyklenutí obou vrstev očního pohárku
- pigmentový epitel – z vnější vrstvy
- nepigmentový epitel – z vnitřní vrstvy
- ciliární kanál – z dutiny pohárku
- m. ciliaris a vazivo – z mezenchymu



Vývoj duhovky

- hrana očního pohárku
- vnější vrstva se mění v hladké svaly
- vnitřní vrstva vytváří pigmentový epitel

Vývojové vady

- **vrozené odchlípení sítnice**
- **coloboma retinae** (obvykle oboustranné – porucha uzavírání fissura optica)
- cyclopia (1 oko), synophthalmia (splynulé oči)
- microphthalmia – infekce
- anophthalmia
- **coloboma iridis** (6. týden – porucha uzavírání fissura optica)
- aniridia, afakia
- **membrana pupillaris persistens**
- a. hyaloidea persistens
- **vrozený zelený zákal**
- **vrozený šedý zákal** (u galaktosémie)
- vrozená ptóza, coloboma palpebrale
- cryptophthalmia (chybění víček – oko zakryté kůží)

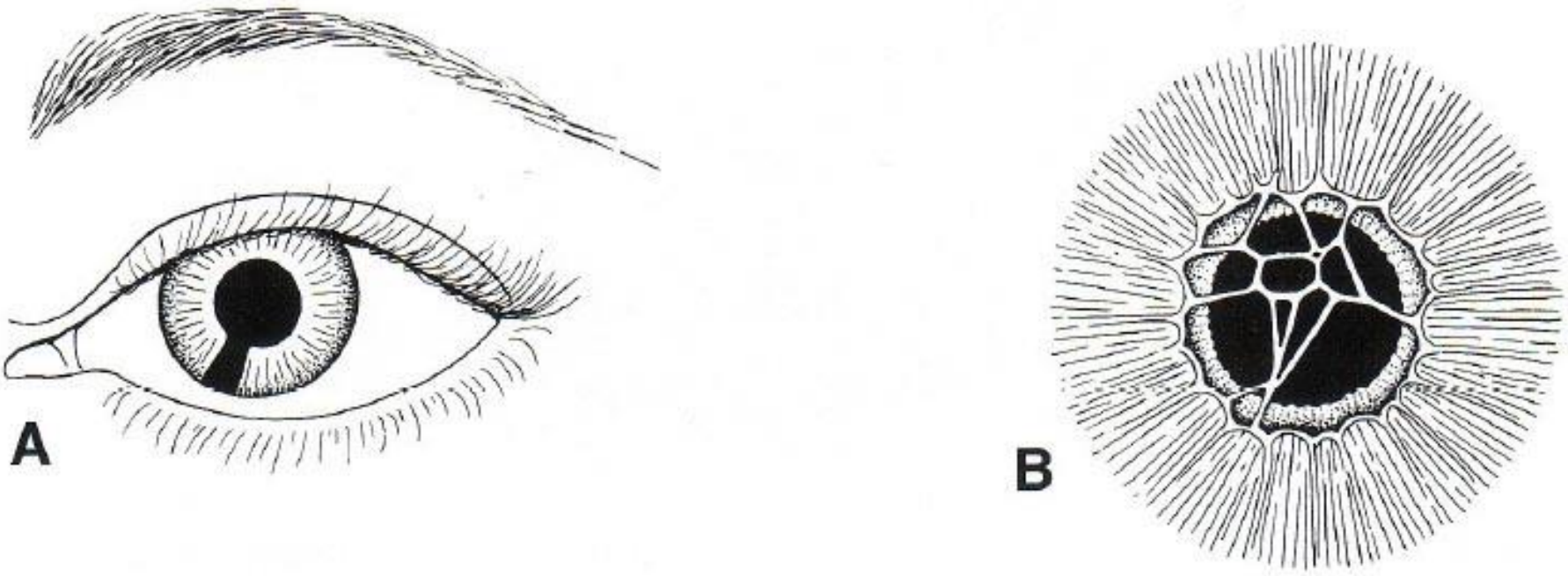
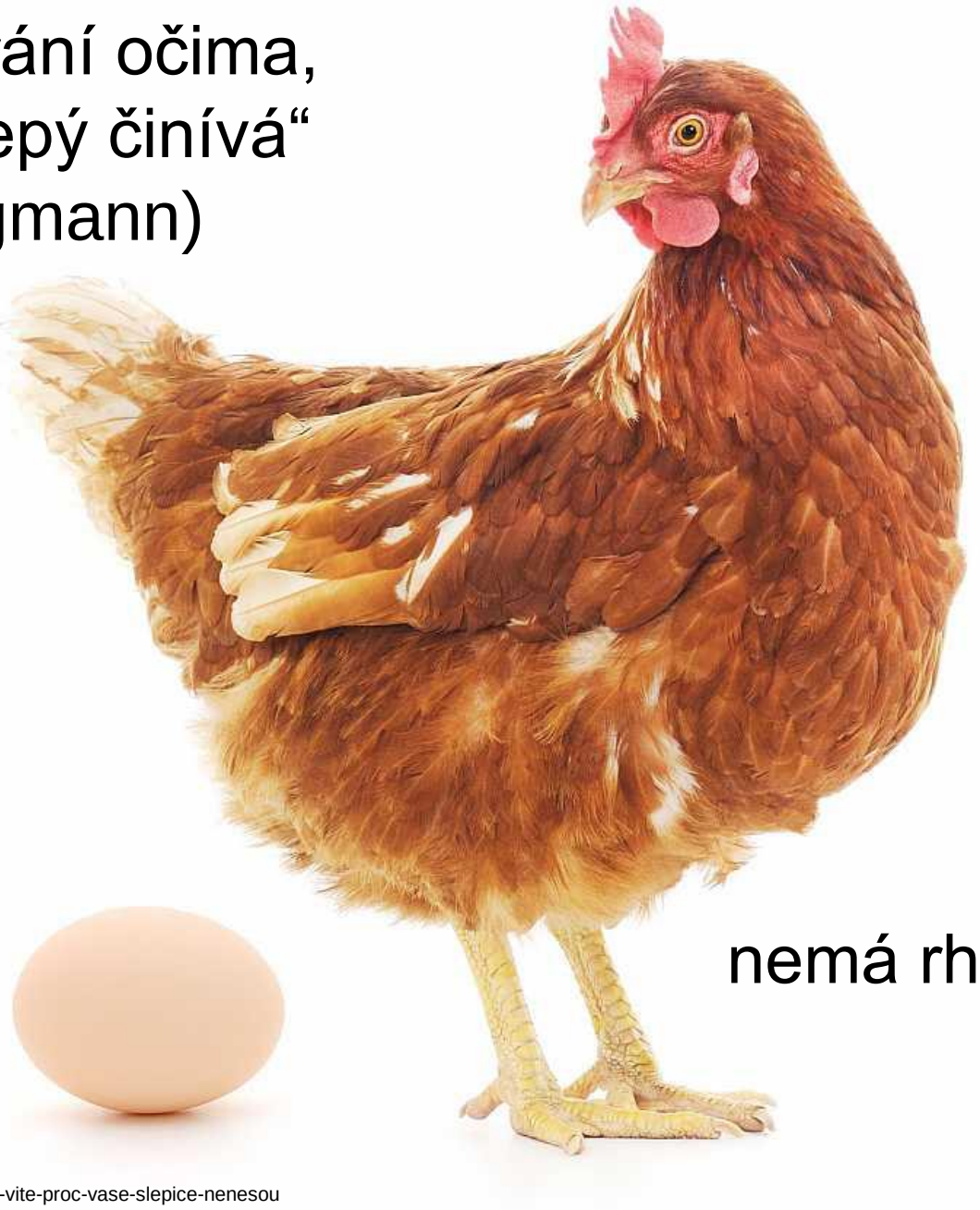


Figure 17.9. **A.** Coloboma iris. **B.** Persistence of the iridopupillary membrane.

https://ceskykutil.cz/clanek-152684-vite-proc-vase-slepice-nenesou

„mhourání očima,
jako slepý činívá“
(J.Jungmann)



nemá rhodopsin

https://ceskykutil.cz/clanek-152684-vite-proc-vase-slepice-nenesou

„mhourání očima,
jako slepý činívá“
(J.Jungmann)

~~nemá rhodopsin~~

https://ceskykutil.cz/clanek-152684-vite-proc-vase-slepice-nenesou

Člověk a ostatní primáti vnímají barvy od modré po červenou (tedy světlo s vlnovou délkou zhruba od 400 do 700 nm).

Pes vidí dobře modrou a žlutou barvu.

Kůň nemá čípky citlivé na ~~zelenou~~ barvu.

Ptáci - citlivost mírně posunuta k modrým barvám.

Hlubinné ryby - citlivost hlavně na modrou barvu

Motýli - vidí ultrafialové světlo s vlnovou délkou kratší než 400 nanometrů, ale nevidí naopak ~~červenou~~.

Někteří hadi - vidí široké spektrum barev od ultrafialové až po infračervenou (nad 700 nanometrů)