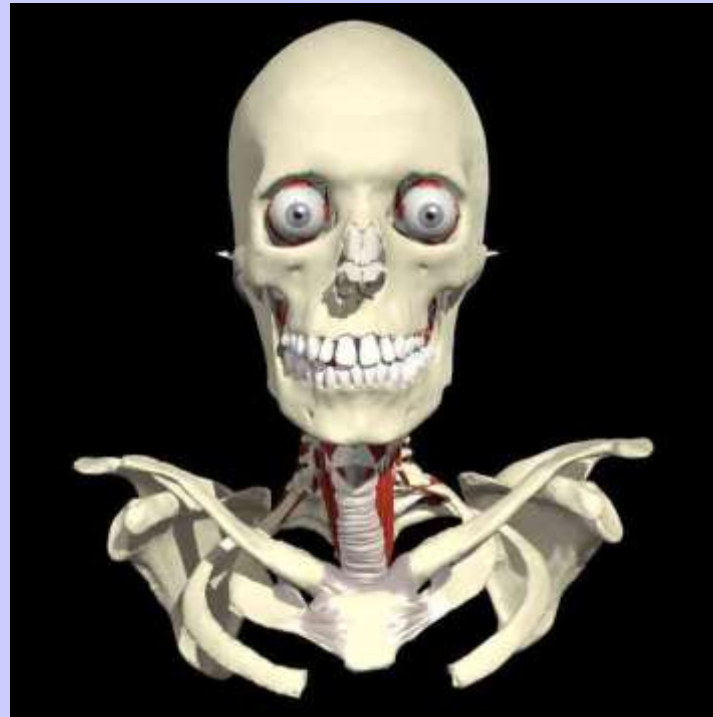


Dr. Szél Ágoston
A szem (I.-V.)

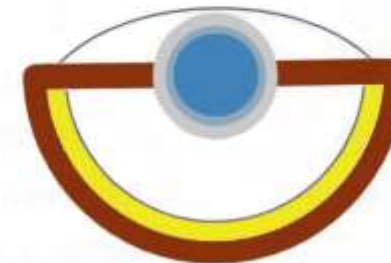
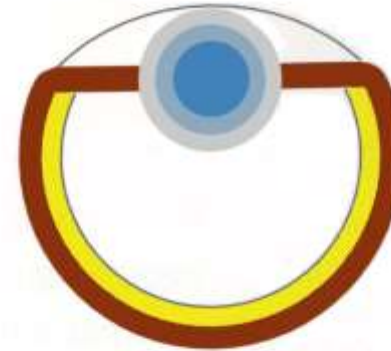
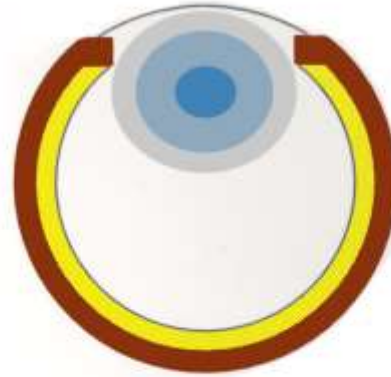
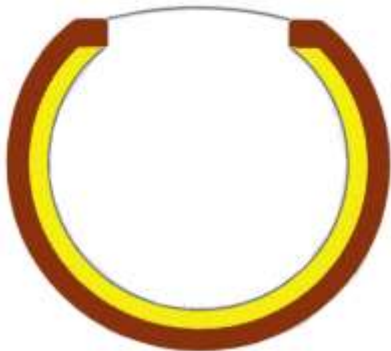
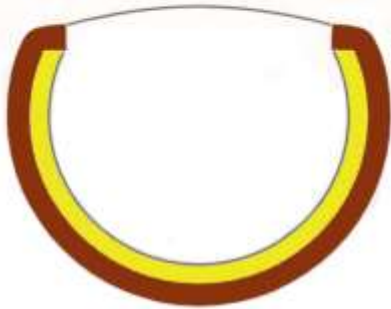
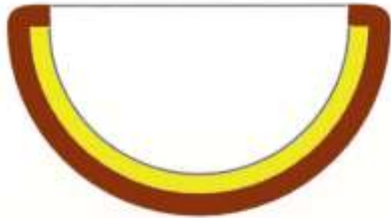
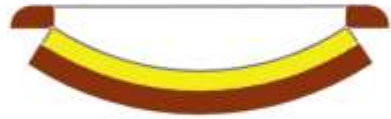


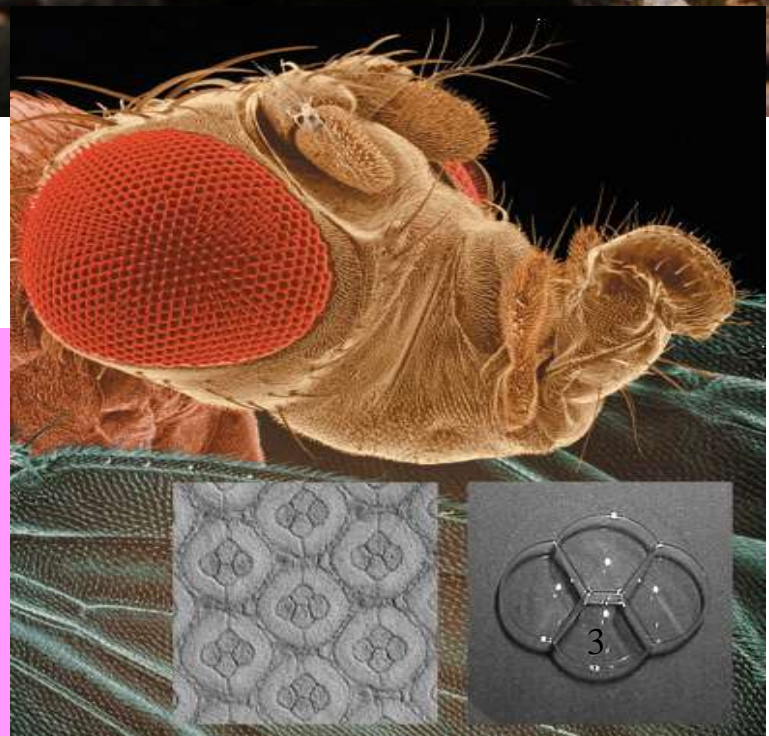
Semmelweis Egyetem

Anatómiai, Szövet- és Fejlődéstani Intézet

2018

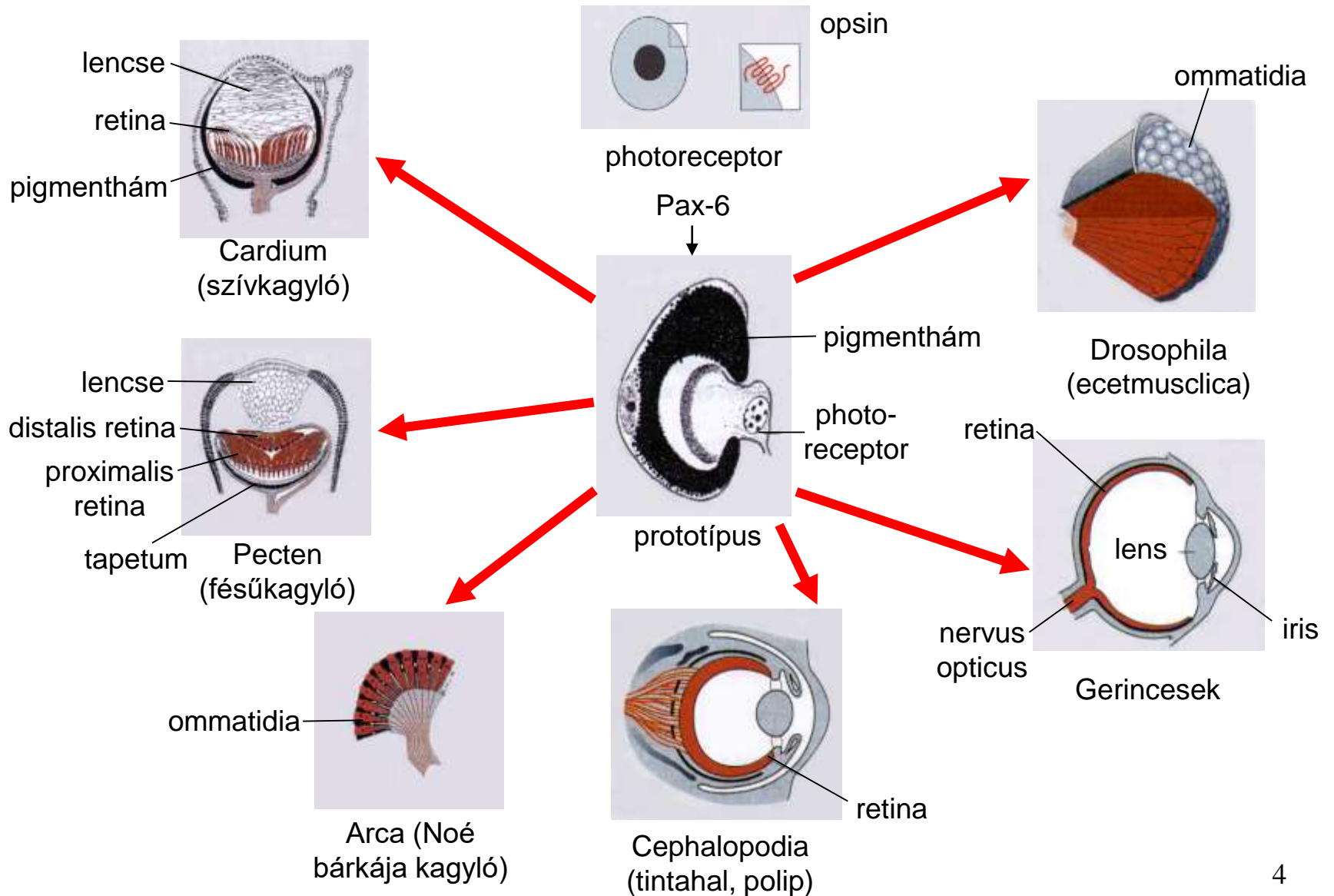
A látószerv evolúciója





A rovar retina összetett szeme az emberével megegyező feloldás esetén (Kirschfeld, 1976)

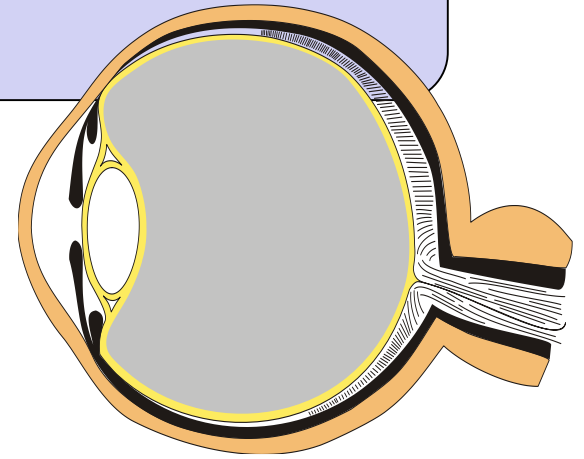
Egy homeobox gén (Pax-6) szerepe a szem evolúciójában



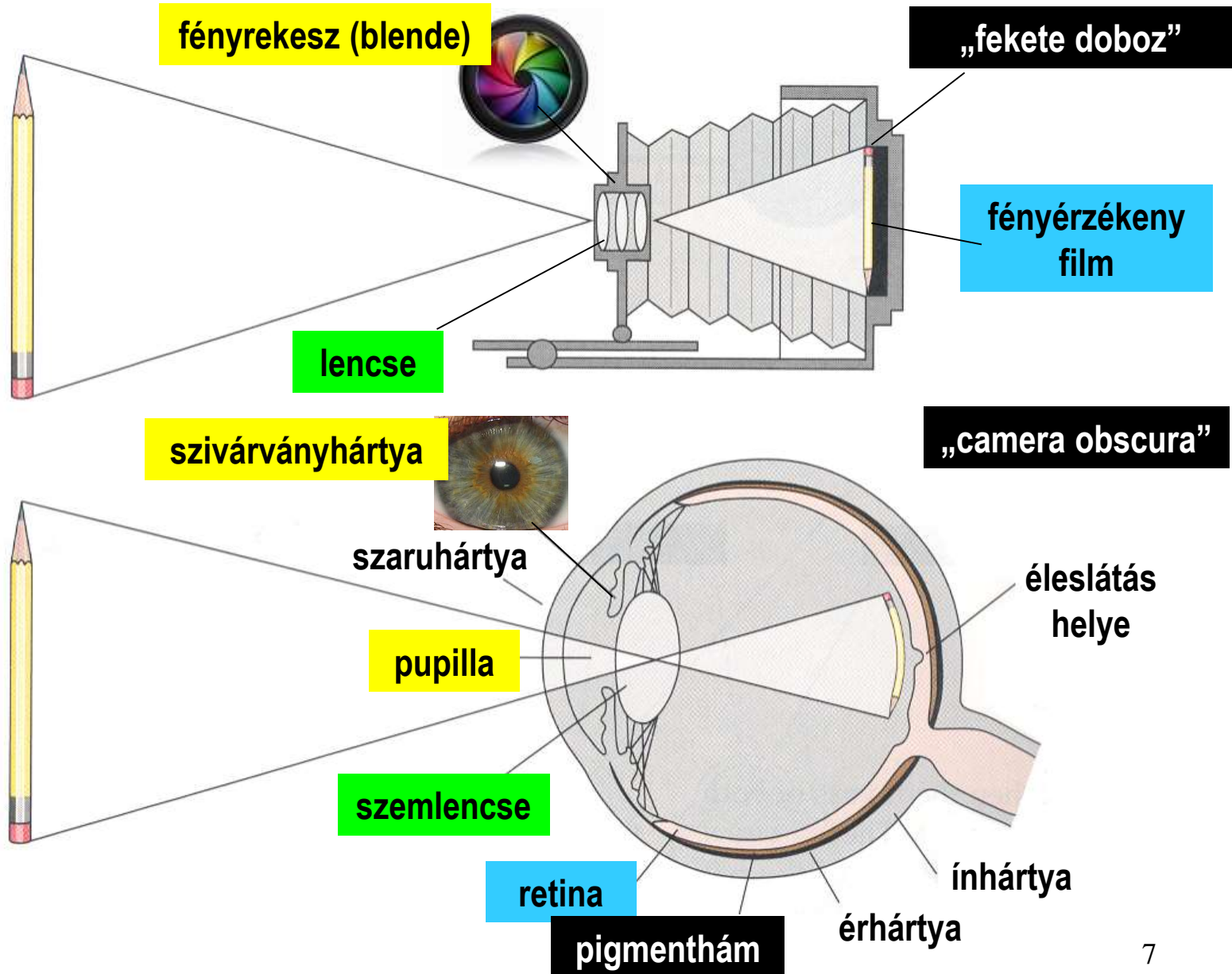
A szem legfontosabb génjei

Drosophila gén/mutáns	Előfordulás, kóros fejlődés	Gerinces gén/mutáns	Előfordulás, kóros fejlődés
<i>eyeless (ey)</i>	MF barázda előtt expresszálódik, master regulator gén, hiányában <i>nem képződik szem</i>	Pax-6	szemhólyag, retina, ganglion-, amakrin sejt, lencse, cornea, felületi ektoderma, orr, diencephalon, <i>hiányában aniridia, cornea-homály, vascularizáció, foveális dysplasia</i>
<i>sine oculis (so)</i>	homeodomain, MF barázda előtt expresszálódik, <i>small eye</i>	Six-3	embryo feji vége, craniális placod, látólebeny, expressziója ektópiás szemeket hoz létre
<i>eyes absent (eya)</i>	magfehérje, MF előtt expresszálódik, <i>hiányában nem képződik szem</i>	Eya1-2-3	lencse-placod, craniális placod, <i>branchio-oto-renális szindróma</i>
<i>dachshund (dac)</i>	magfehérje, ektópiás szemek	?	gének hierarchiája
<i>decapentaplegic (dpp)</i>	TGFbeta, MF előtt expresszálódik, proliferáció, <i>ventrális ommatidiumok nem fejlődnek ki</i>	BMP	homozigóta <i>életképtelen</i> , heterozigóta: <i>lencsefejlődési rendellenesség</i>
<i>hedgehog (hh)</i>	MF mögött, <i>dpp</i> expressziót vált ki, fotoreceptormozaik egy ommatidiumon belül	Sonic hedgehog (Shh)	fejlődő diencephalon floor-plate, midline szignál, szemserlegnyél, előagy, <i>Pax-2</i> expresszió, <i>Pax-6</i> downreguláció, <i>cyclops</i>
<i>Notch</i>	proliferációt lassítja	Notch	proliferációt lassítja, indukció érvényesül
<i>patched (ptc)</i>	hh hatása alatt áll, <i>dpp</i> -t gátolja	patched ?	
<i>sparkling (spa)</i>	MF mögött, kristálykúp sejtjei. szabálytalan ommatidiumok, cornea-hiány	<i>Pax-2</i>	szemserlegnyél, fissura choroidea ajkai, mesenchyma - epithelium átalakulás, vese, <i>coloboma nervi optici, nincs chiasma opticum, Krd-mutáció (vese hypoplasia)</i>
<i>orthodenticle</i>	korai szemfejlődés, hiányában	Otx1	szemhólyagnyél, iris, sugártesthám
	zavart szenved a fej és az ocelli kifejlődése	Otx2	szemhólyagnyél, agy, orr, később csak retina és RPE, <i>microphthalmia</i>
<i>prospero</i>	kristálykúp sejtjei, központi idegrendszer, középbél	Prox1	lencse-placod, később: lencsehám, magív, retina horizontális sejtek, crystallinok szintézise
		Chx10	szemserleg retina bipoláris és pálcikasejtjei, hypothalamus, utóagy, gerincvelő <i>optic retardation</i>
<i>distal-less</i>		Dlx1	neurális retina, látóközpont

1. A látószerv felépítése (Bevezetés)



A fényképezőgép és a szem (camera obscura)



Fényképezőgépek: régiek és újak...



A látószerv részei



Szemgolyó (bulbus oculi)

Látóideg, központi apparátus (nervus opticus, tractus opticus, apparatus opticus centralis)

Járulékos szervek (organa accessoria)

Külső szemizmok (musculi bulbi)

Zsírtest (corpus adiposum orbitae)

Védőkészülék (palpebrae et tunica conjunctiva)

Könnykészülék (apparatus lacrimalis)

2. felső
szempillák

5. punctum
lacrimale sup.

4. saccus lacrimalis

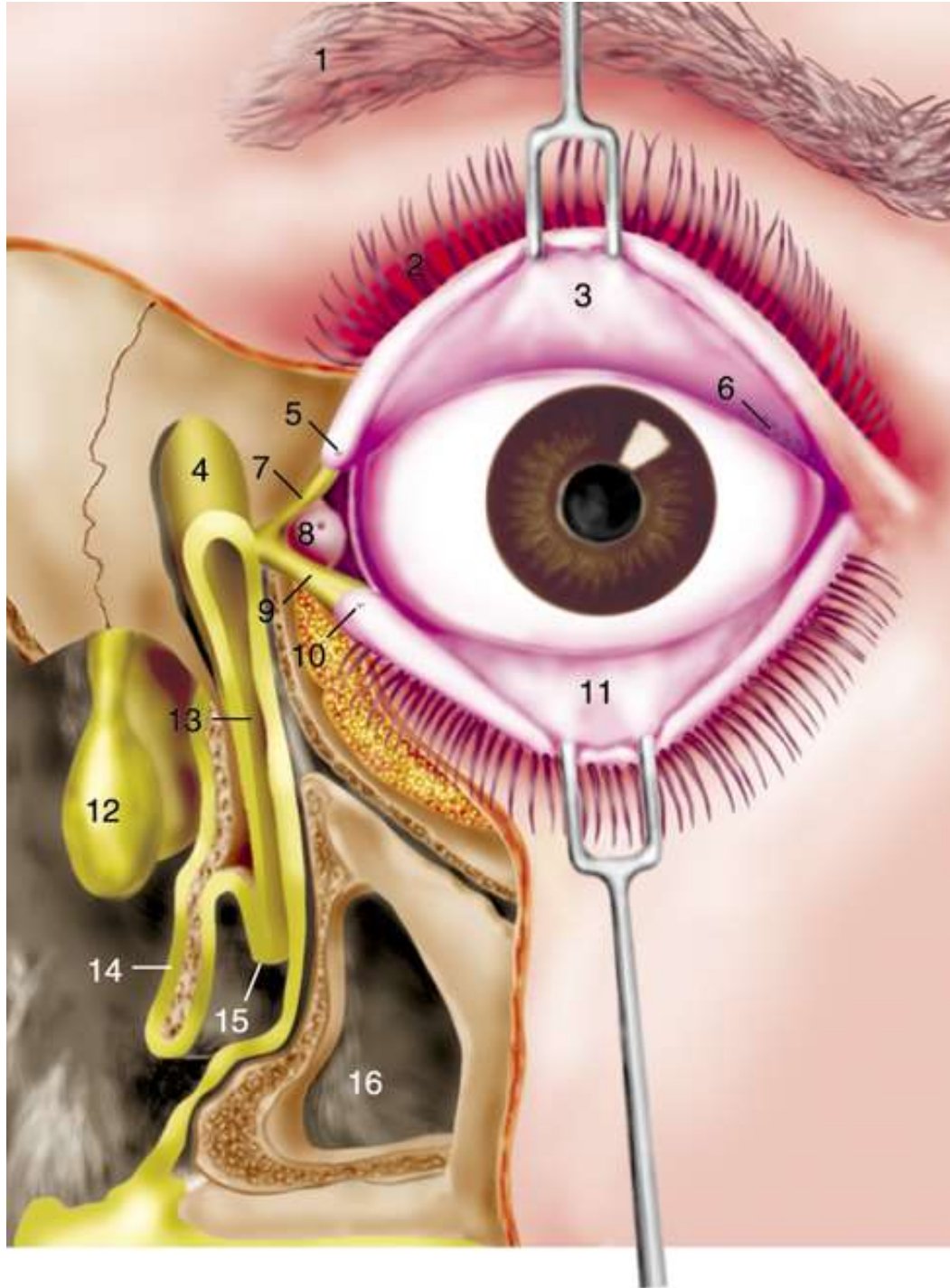
7. canaliculus
lacrimalis sup.

9. canaliculus
lacrimalis inf.

13. ductus
nasolacrimalis

14. concha
nasalis inferior

15. plica lacrimalis
(Hasneri)



1. szemöldök

3. felső szemhéj

6. opening of
excretory duct

8. caruncula
lacrimalis

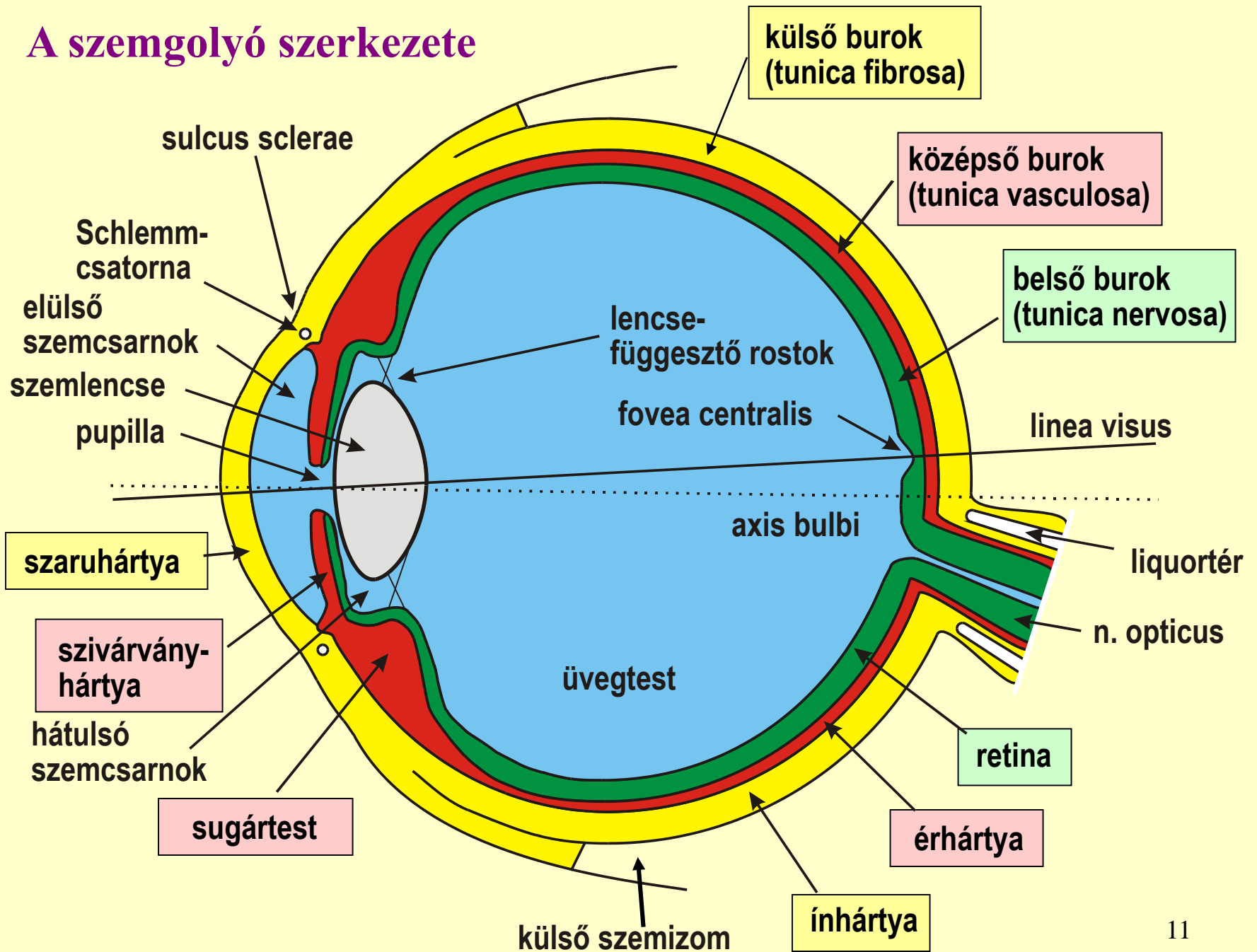
10. punctum
lacrimale inf.

11. alsó szemhéj

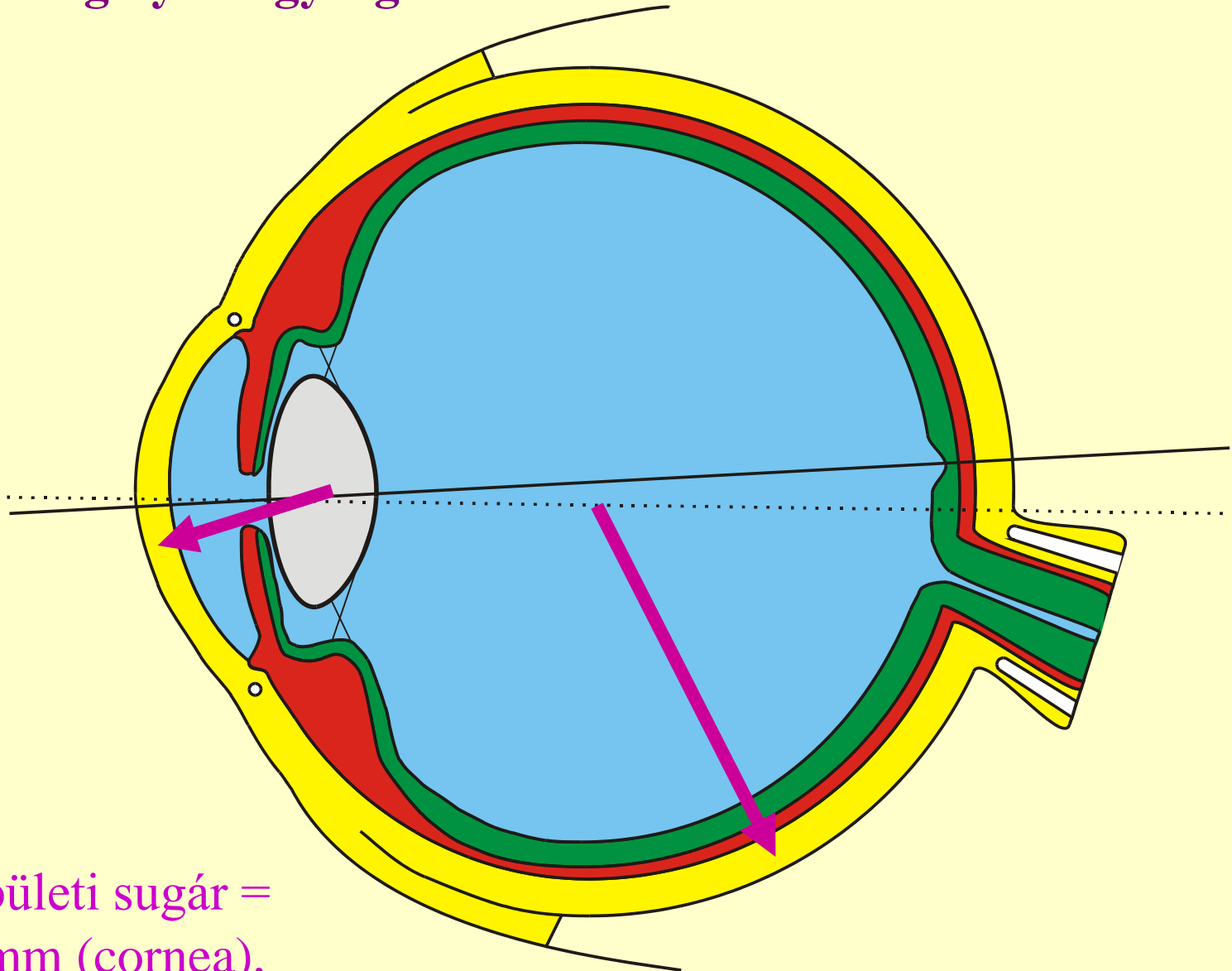
12. concha
nasalis medius

16. sinus
maxillis

A szemgolyó szerkezete



A szemgolyó nagysága



Göbületi sugár =
7,7 mm (cornea),
óraüveg

Göbületi sugár = 12,7 mm

A törő közegek:

A levegő (1.00)

Cornea: törésmutató nem nagy, de a levegő/cornea határfelület miatt ez a legjelentősebb törő közeg (1.38)

Csarnokvíz (1.33)

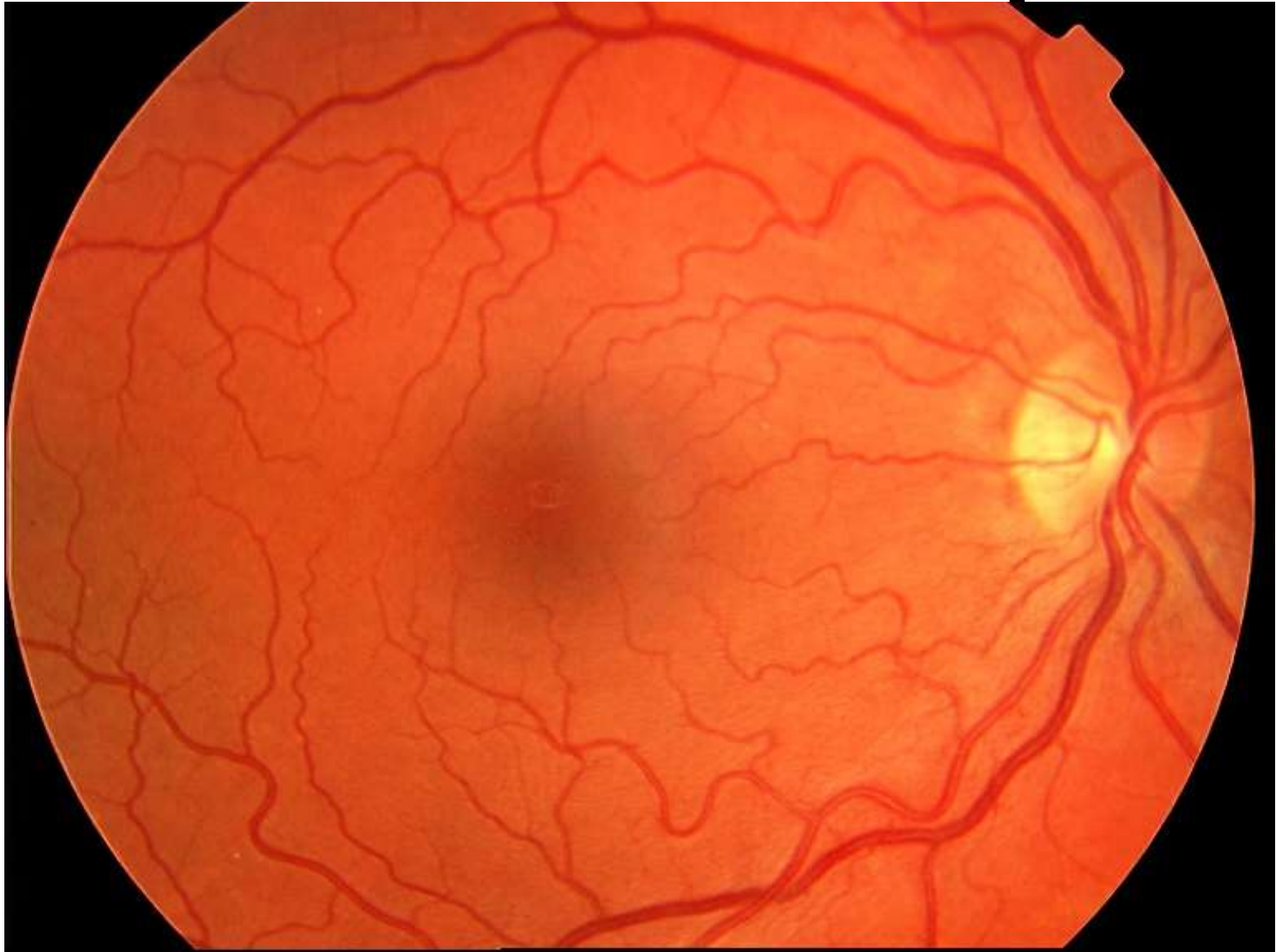
Lencse (lens crystallina): a görbületi sugár változása miatt képes akkomodációra (1.40)

Corpus vitreum (1.34)

A fovea centralis és a látóidegfő szemtükri képen

Macula lutea

Discus opticus



A szemgolyó burkai:
1/I. Tunica fibrosa
(cornea, sclera)



A cornea rétegei

1. epithelium anterius corneae (basalis, lapos és valamint szárnyas sejtek) – **barrier** (nincs str. germ.)

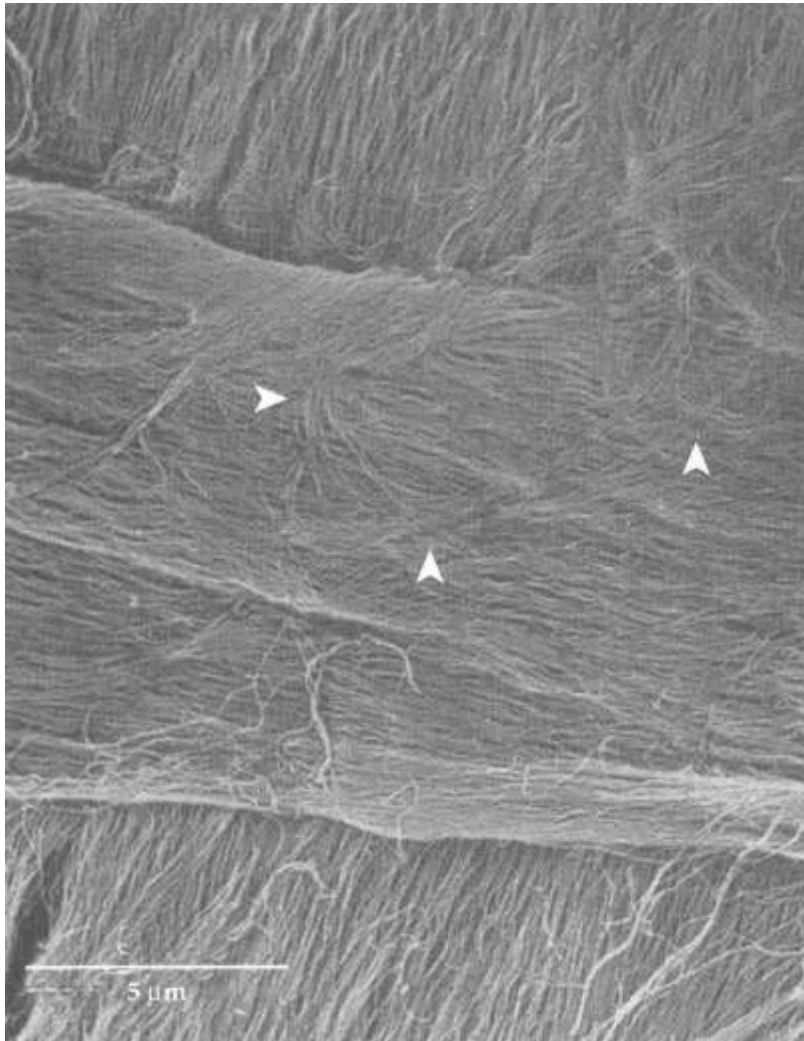
2. membrana limitans anterior (Bowman-féle membrán/réteg) – **hám-regeneráció, UV protekció**

3. substantia propria (stroma) – **átlátszóság**

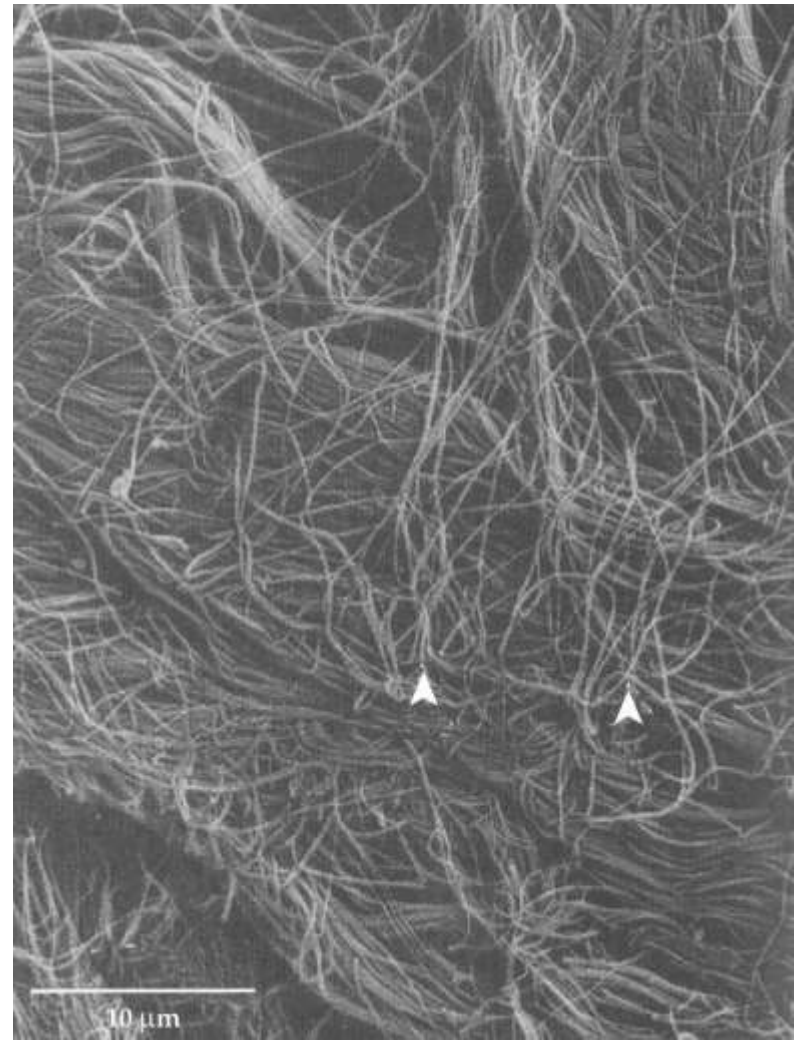
4. membrana limitans posterior (Descemet-féle membrán, membr. basalis) – **mechanikai védelem**

5. endothelium corneae (endothelium camerae anterioris) – **barrier + ion-pumpa**

A tunica fibrosa szöveti szerkezete (SEM)

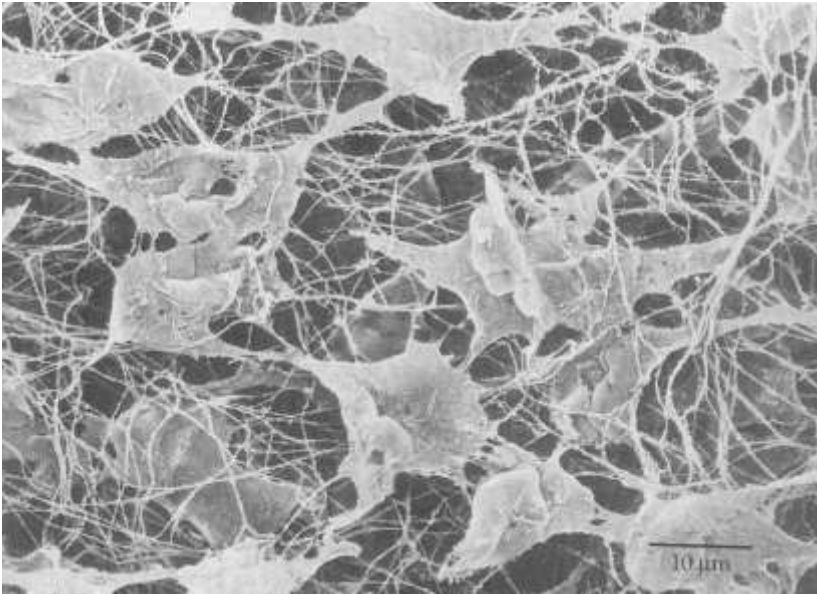


cornea (szabályosság)



sclera (rendezetlenség)

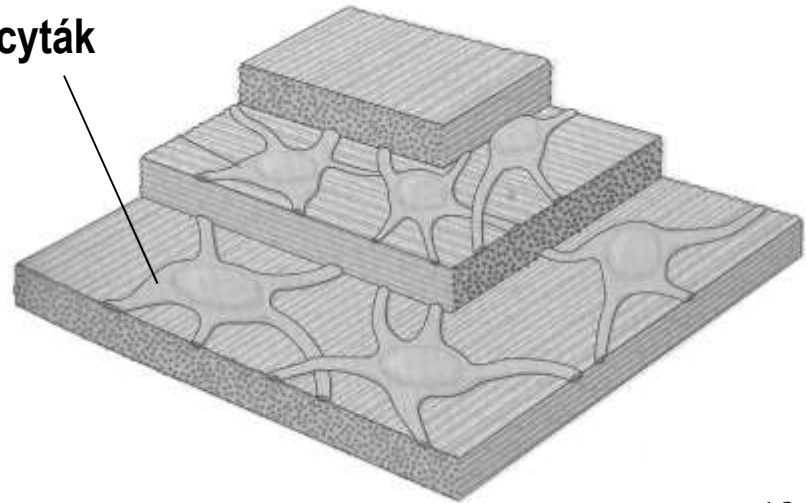
A tunica fibrosa szöveti szerkezete (SEM)



A **keratocyták** a kollagénrostos lemezek között helyezkednek el.

A **keratocyták** nyúlványai a corneában párhuzamosan, illetve merőlegesen futnak a rostokkal.

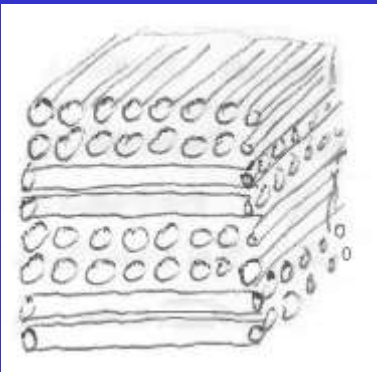
keratocyták



Cornealis stroma

Speciális
fibrocyták -
keratocyták

A sejtek a
lemezekkel
párhuzamos
rétegekben
rendeződnek el



I-es típusú collagen (hármass helix szerkezet alkot **fibrillumokat**)

Ezek gélbe ágyazottan jelennek meg (matrix), amelyet **proteoglikánok** (keratán-sulfát, dermatán-sulfát) + **víz** alkot

A rostkötegek collagen **lemezeket** képeznek, amelyek a cornea síkjával **párhuzamosan** rendeződnek

A szomszédos lemezekben a rostkötegek lefutása egymásra **merőleges**

A lemezek között **elmozdulás** jöhet létre, így rések keletkezhetnek (cornea átültetése)

Miért átlátszó a cornea ?

A cornea **szabályos rendezettséget** mutat. A sclera nem ilyen szigorúan rendezett.

A cornea strómája **szendvics-szerűen** helyezkedik el a két hám (epithelium és endothelium) között. A sclera kötőszövetes elemek (orbita, choroidea) között található.

Sem erek, sem melanocyták nincsenek a cornealis stromában. Gyulladás után homályt okoz az ereződés.

Nagyfokú dehidráció jellemző. Az epithelium (zonulae occludentes) vagy az endothelium (ion-pumpa) károsodása vízfelvételt és homályosodást okoz.

A cornea regenerációja

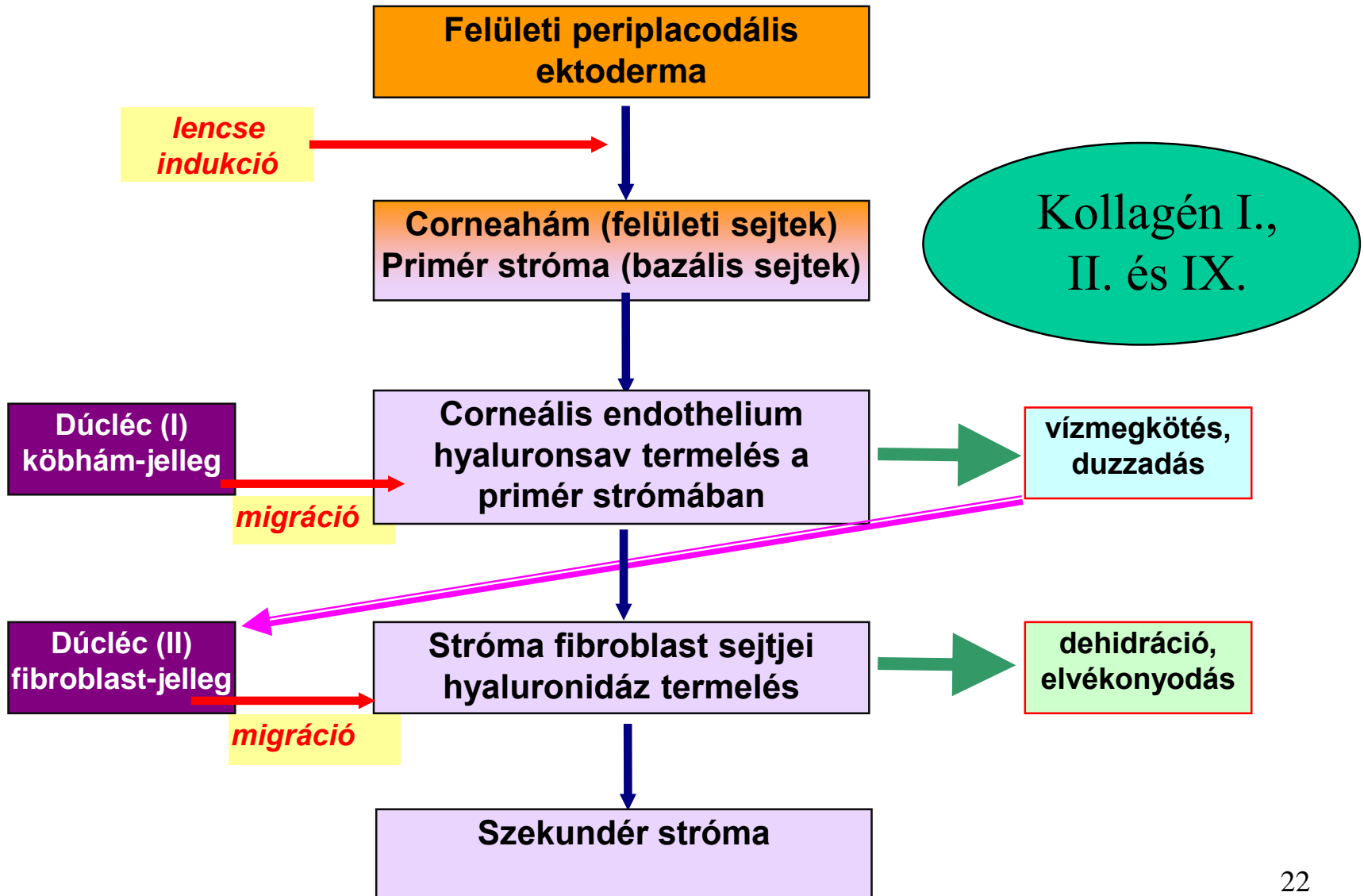
Cornea-hám pusztulás pótlása:

- 1. Limbus felől (ős-corneasejtek, Vogt-féle palizád)**
- 2. Conjunctivalis hám felől (transzdifferentiáció)**

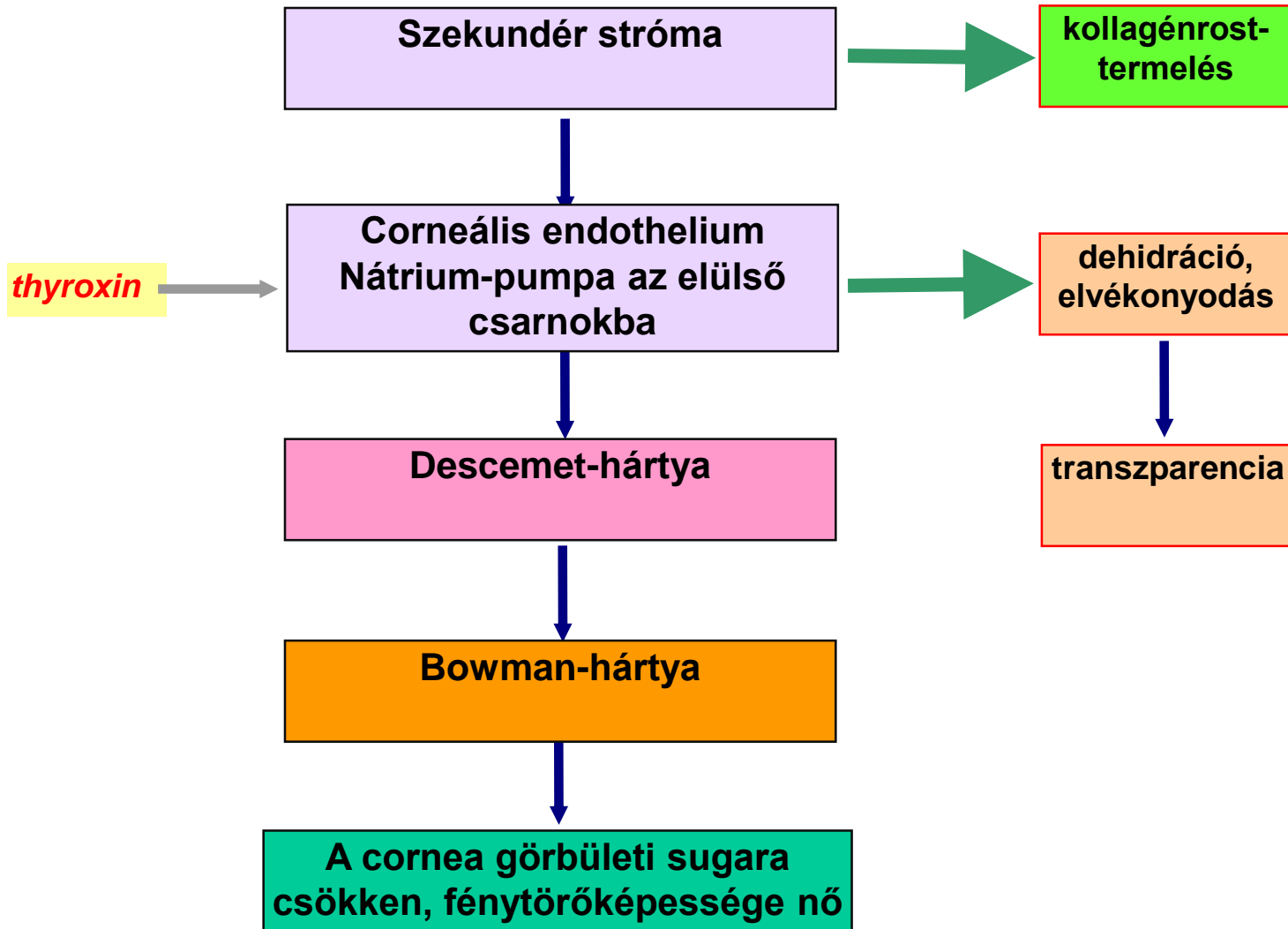
**Pax6 mutánsban jellegzetes tünet:
pannus cornealis (hegesedés,
cikatrizáció)**

**Ok: Pax6 hiány esetén a
conjunctivahám inváziója tökéletlen,
ereződés, kehelysejtek jelennek meg.**

A cornea differenciálódása



A cornea differenciálódása



A szemgolyó burkai:
1/II. Tunica vasculosa
(uvea: choroidea,
corpus ciliare, iris)

A choroidea rétegei:

(sclera)

lamina suprachoroidea (lamina fusca sclerae)

lamina vascularis (venae vorticosae)

lamina chorocapillaris (fotoreceptorok táplálása)

lamina vitrea (Bruch-féle membrán)*

(pigmenthám - retina)

*elasztikus aponeurózis (dezakkomodáció)

*tapetum lucidum (fényvisszaverő réteg) 25

A sugártest rétegei:

lamina supraciliaris

musculus ciliaris (n. oculomotorius)

lamina vascularis

(kettős alaphártya - “Bruch-membrán”)

epithelium ciliaris (pars ciliaris retinae)



Az iris rétegei:

endothelium camerae anterioris

lamina vascularis (stroma) –

**m. sphincter és dilatator pupillae
melanocyták (szemszín)**

stratum pigmenti iridis (pars iridica retinae)

membrana limitans iridis (lamina basalis)











Eduard Manet: Korcsolyázók (1877)

Pablo Picasso: Madame Soler (arckép, 1904)

Camille Pissarro: Felix (arckép, 1883)

Egon Schiele: Wally (arckép, 1912)

Vincent van Gogh: Öreg provence-i paraszt (1888)

Szemszín

borostyán (narancs, réz, arany)



barna



kék



kék-zöldesszürke



szürkészöld-barna



zöldesbarna (mogyoró)



heterochromia iridis: a két szem szivárványhártyája eltérő színű

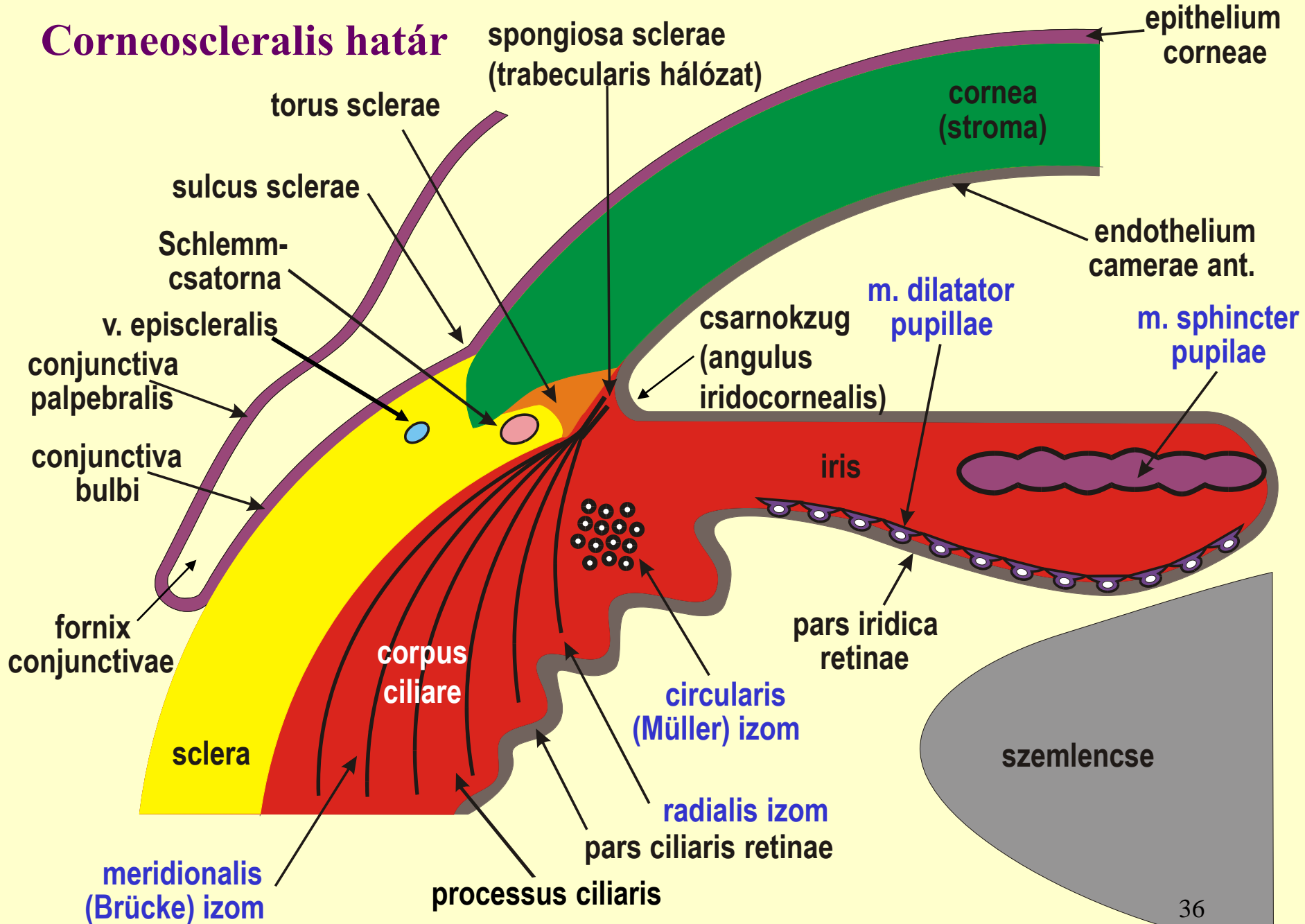




Albinók...



Corneoscleralis határ



Glaukóma

Zöldhályog (glaukosz – zöld): A csarnokvíz-termelődé és elfolyás egyensúlya megbomlik (termelődé > elfolyás).

A szembelnyomás fokozódik. Iris előreboltosul, a csarnokzúg zárul.

A látóidegfő keringése romlik. A retina idegsejtjei (fotoreceptorok, ganglionsejtek, stb.) nyomás alá kerülnek.

Az idegsejtek elpusztulnak, *scotomák* (látótérkiesések) keletkeznek.

A fokozott szembelnyomás *prodromális* tünetek után *rohamszerűen* lép fel (fejfájás, nervus ophthalmicus, hányás, pangásos belövelltség – cornea zöld).

Terápiás lehetőségek a glaukóma kezelésében

Vízajtók (a csarnokvíz-elvezetés fokozódik).

Az elvezetődés akkor is fokozódik, ha az iris ellapul (miosis, pupillaszűkület), mert az iris-szövet nem torlódik a csarnokzugban.

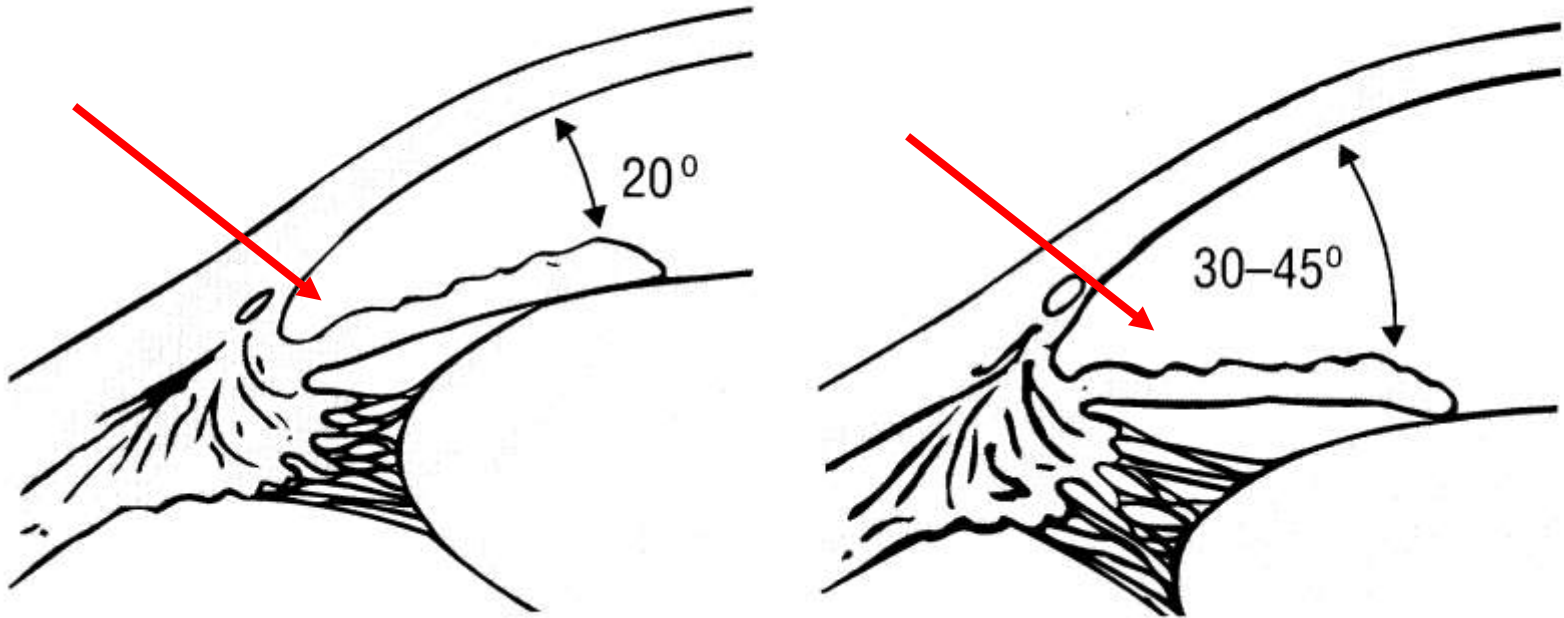
Paraszimpatikus izgatók (pl. pilocarpin, eserin) serkentik a m. sphincter pupillae működését, miosist okoznak.

Szimpatikus-bénítók (pl. béta-blokkolók) gátolják a m. dilatator pupillae működését (a csarnokvíz-termelést is csökkentik).

Vigyázat! Paraszimpatikus bénítók (pl. atropin, görcsoldók) pupillatágulatot (mydriasis) okoznak, így glaukómás rohamot válthatnak ki.

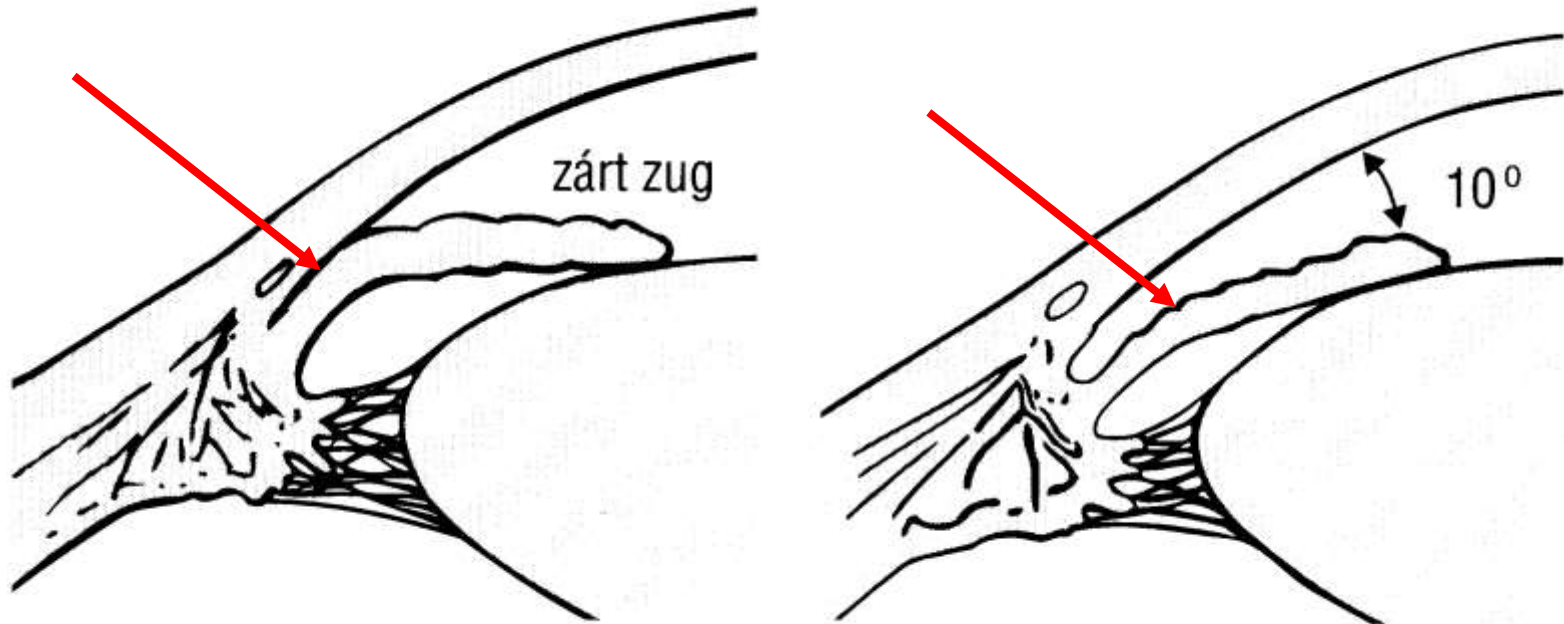
Műtéti megoldás: az iris eltávolítása (iridectomy) vagy trabeculostomia, trabeculoplastica, goniotomia.

Az iridocornealis szöglet (csarnokzug)



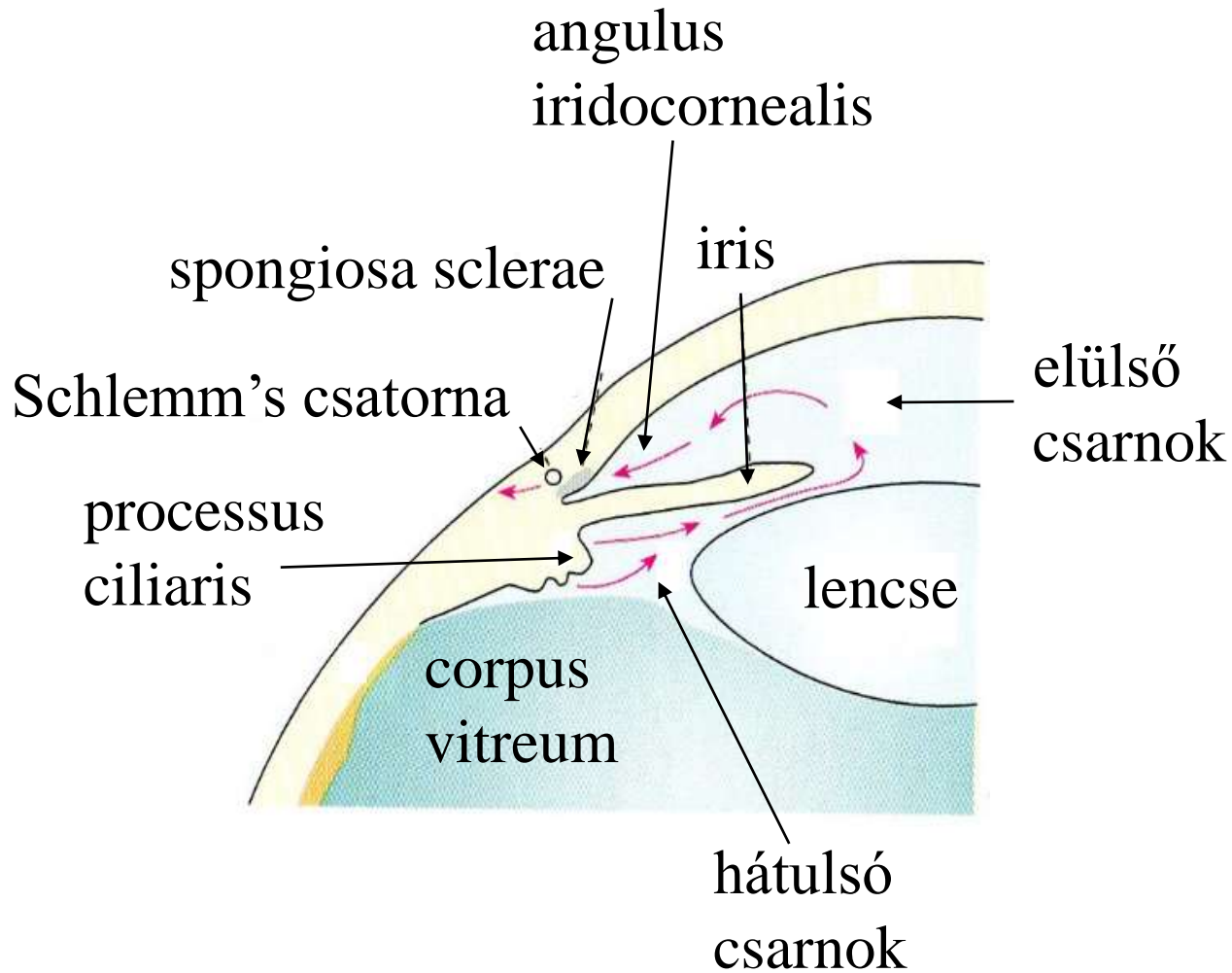
Az elülső csarnokzug normális állapotai: közepesen nyitott (A), szélesen nyitott (B) csarnokzug

Az iridocornealis szöglet (csarnokzug)

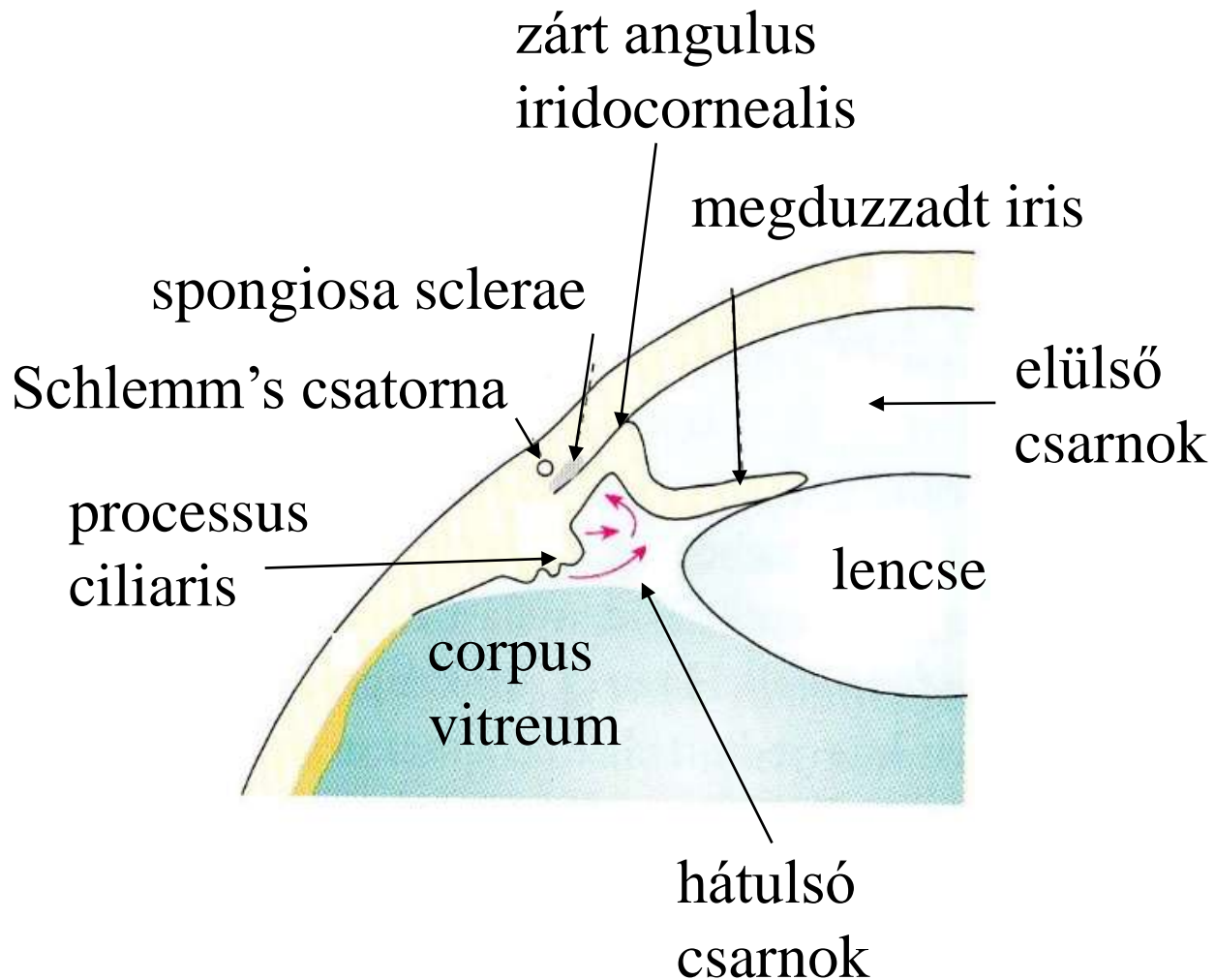


**Az elülső csarnokzug kóros állapotai: zárt zug (A),
keskeny zug (B)**

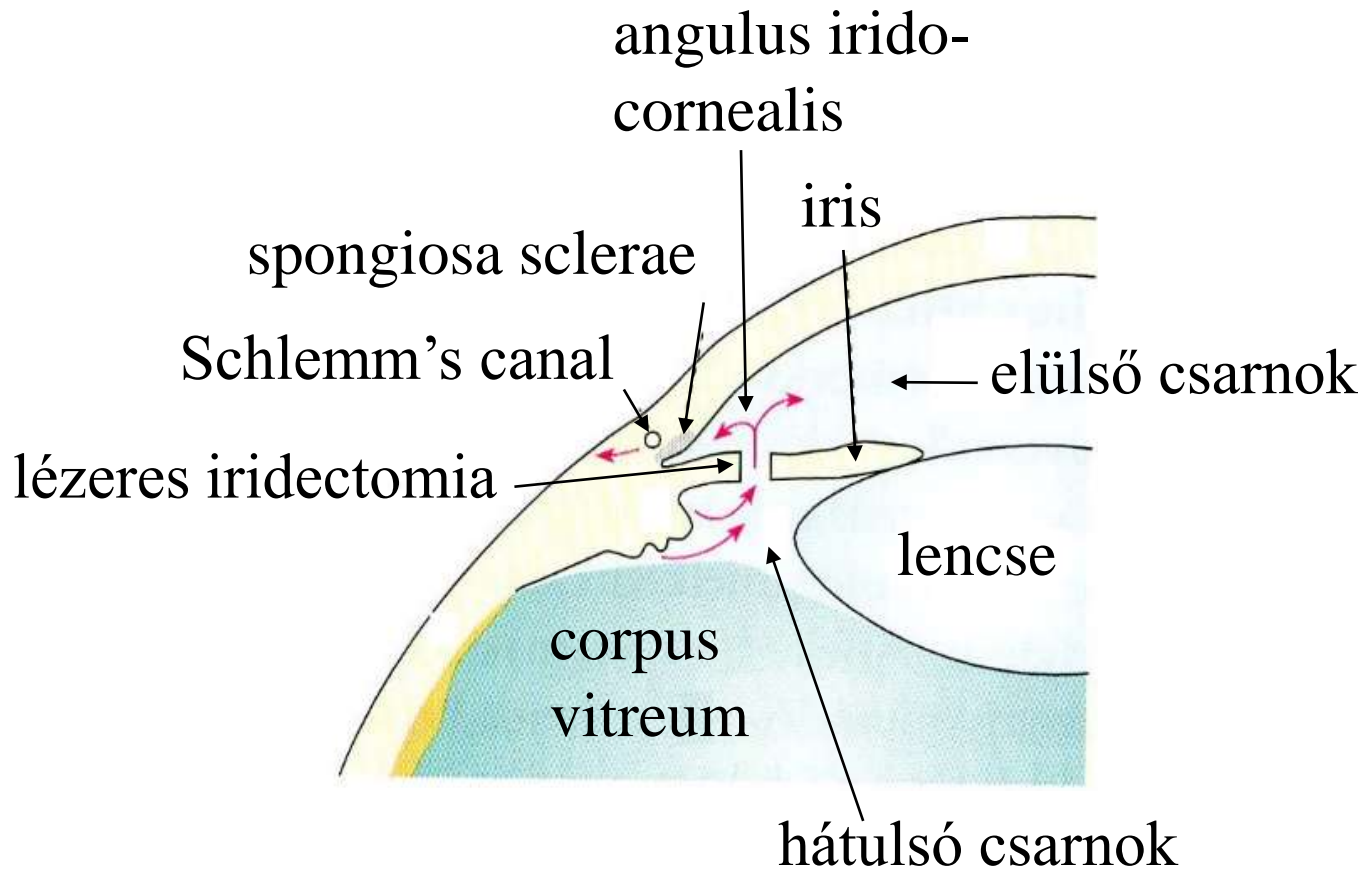
Normális csarnokvíz-elfolyás



Akadályozott csarnokvíz-elfolyás



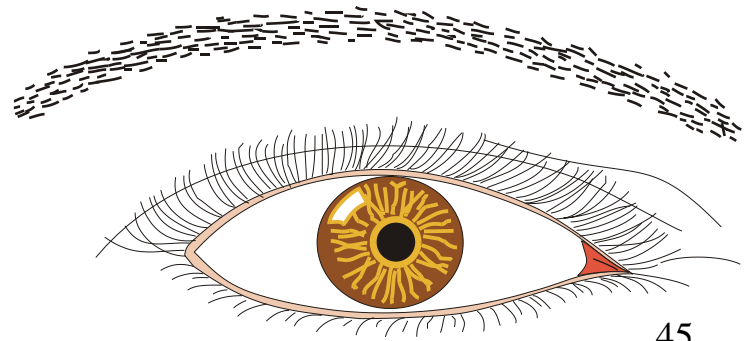
Helyreállított elfolyás: iridectomia



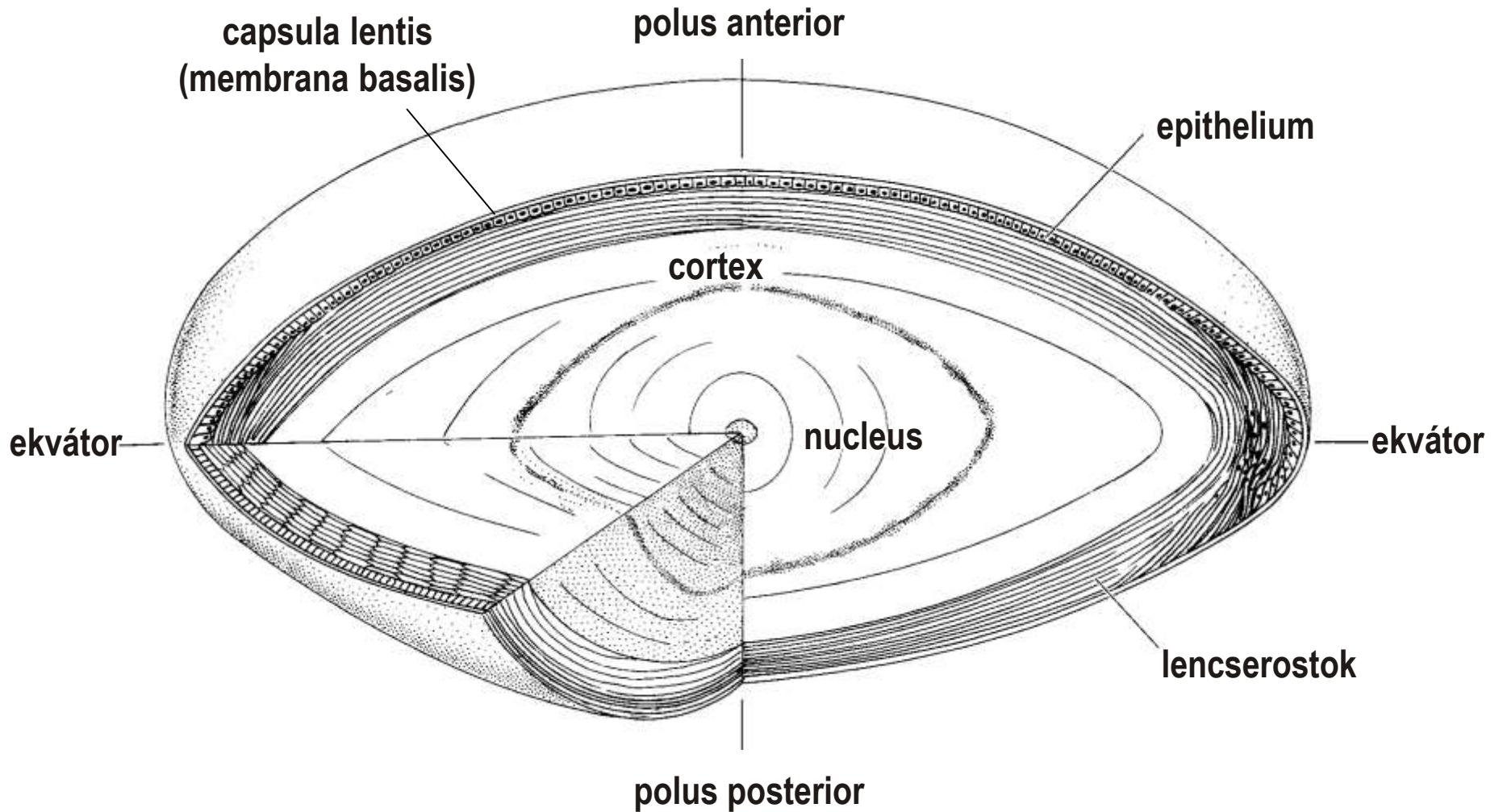


Van Gogh: The Starry Night

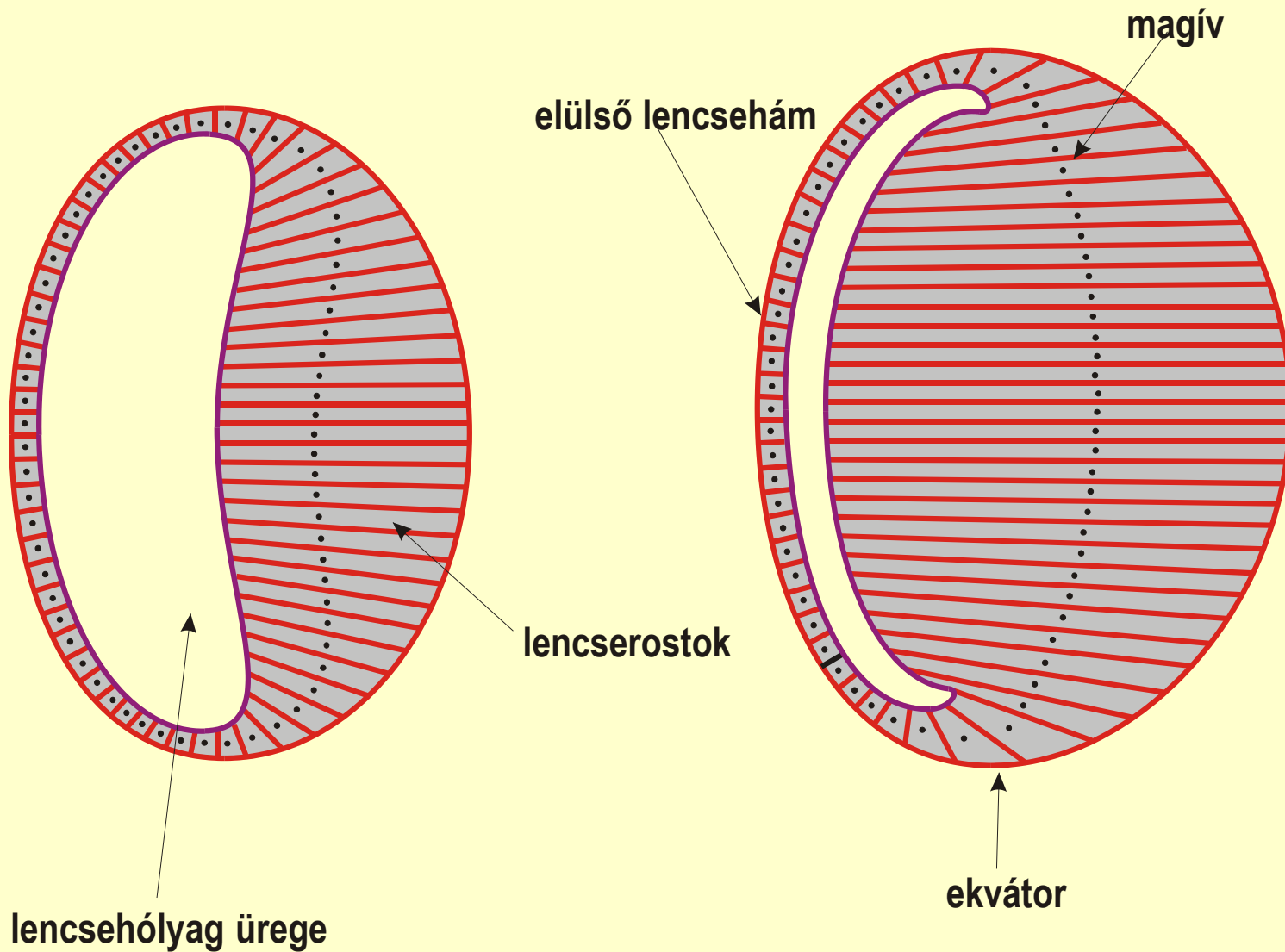
Lencse (lens cristallina)



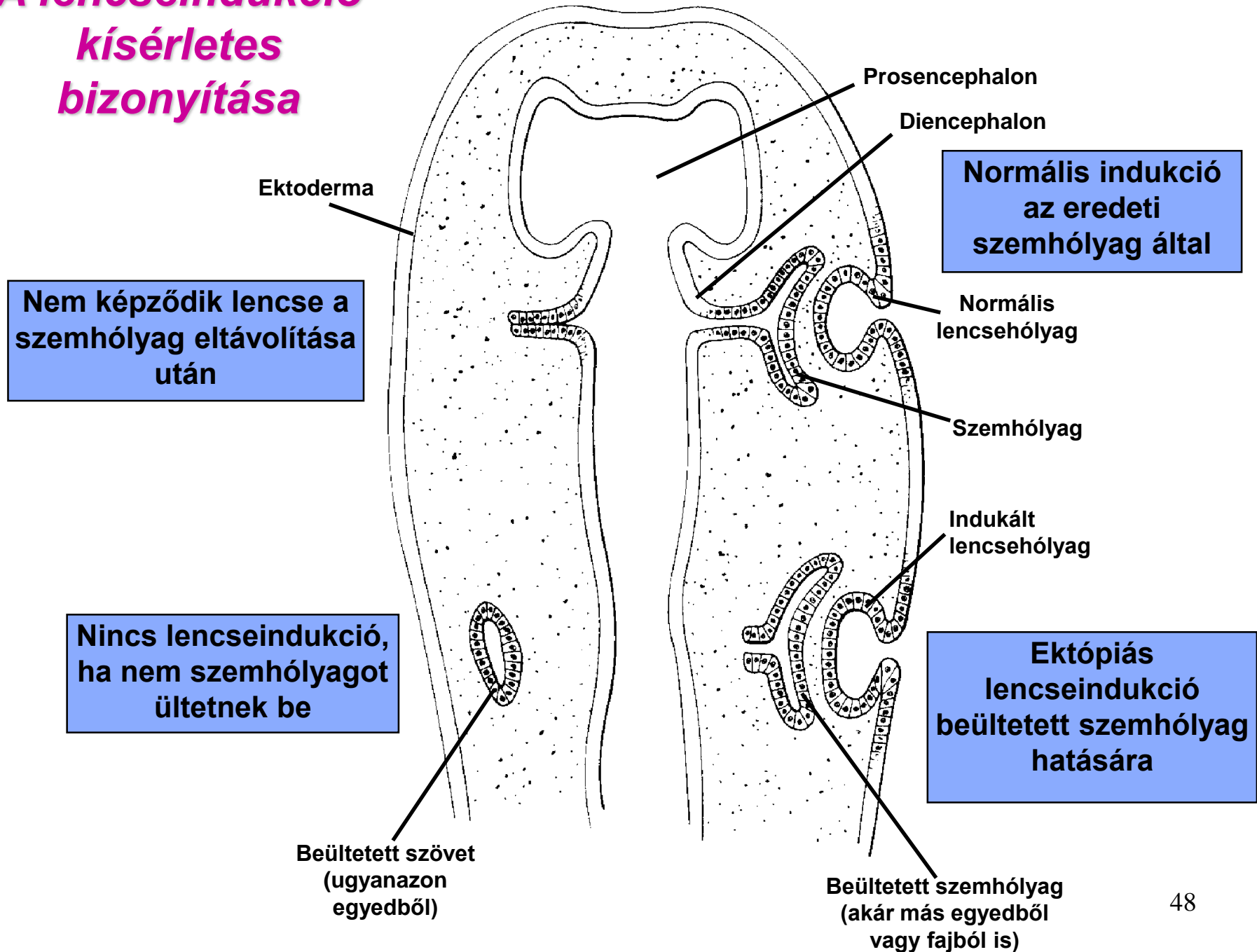
A lencse szerkezete



A lencse fejlődése



A lencseindukció kísérletes bizonyítása



A lencse fejlődés fontosabb állomásai

elülső velőlemez és az
alatta fekvő előbél-
entoderma



elülső velőlemez és az
alatta fekvő mezoderma
(szívcső ?)



szemhólyag a lencse-
placod alá kerül



szemserleg, szolubilis
szignál-faktorok
segítségével



a felületi ektoderma elülső
része igen rövid időre
képesse válik a lencse-
placoddá alakulásra

az elkötelezett ektoderma
területén már *gyenge
indukciós hatásra is
bekövetkezik a lencse
kialakulása*

ekkor már kiültetés esetén is
*lencse fog fejlődni az
ektodermából*

megjelennek a *crystallinok,*
és *megindul a lencse
tényleges kifejlődése*

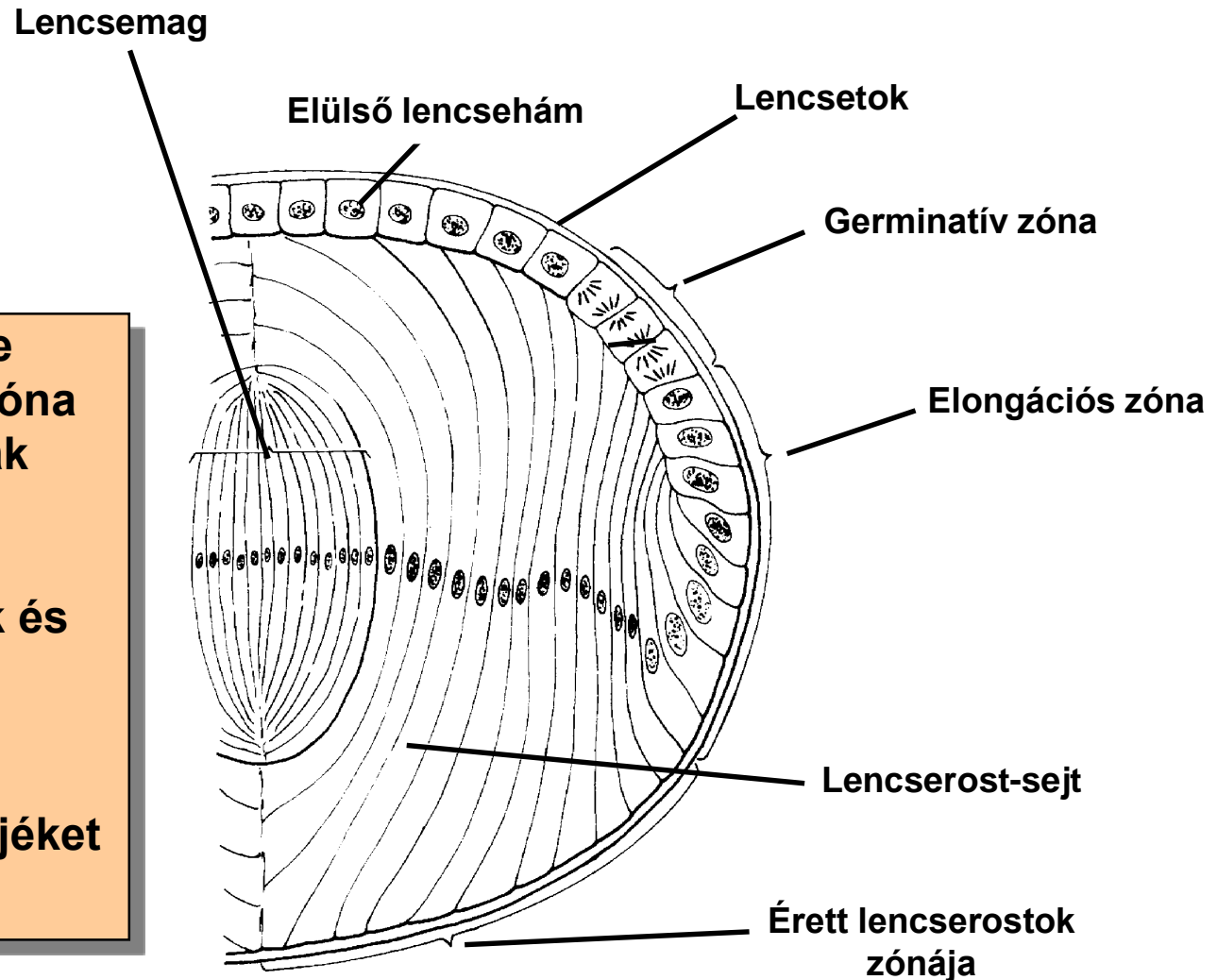
induktorhatás

indukciós stádium

indukált szövet

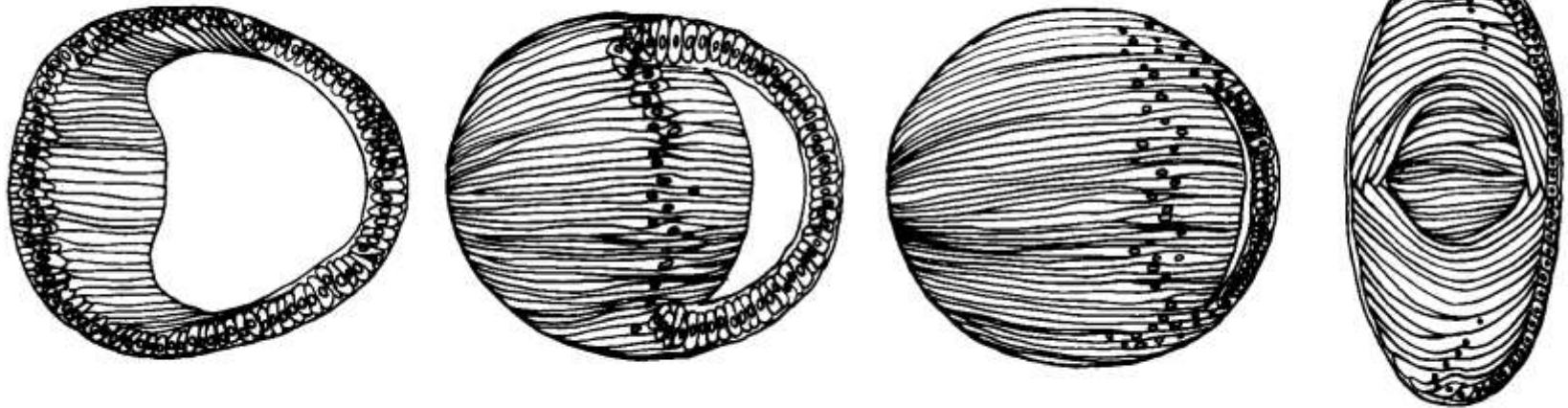
A gerincesek lencse-fejlődése

A lencse növekedése során a germinatív zóna sejtjei nem osztódnak tovább,
helyette megnyúlnak és lencserostokká differenciálódnak,
Majd crystallin-fehérjéket termelnek.

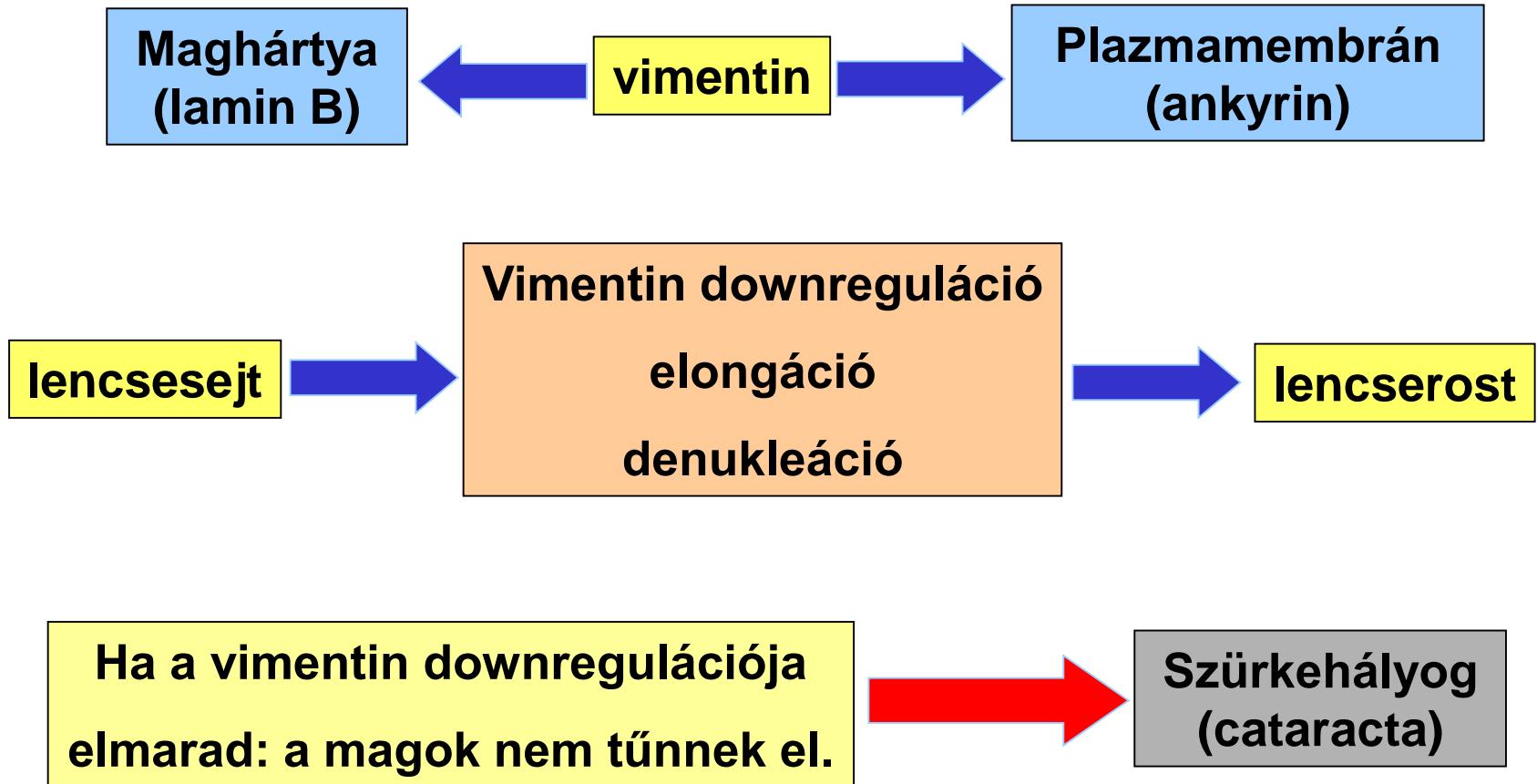


A denukleáció és a lencse mag kialakulása

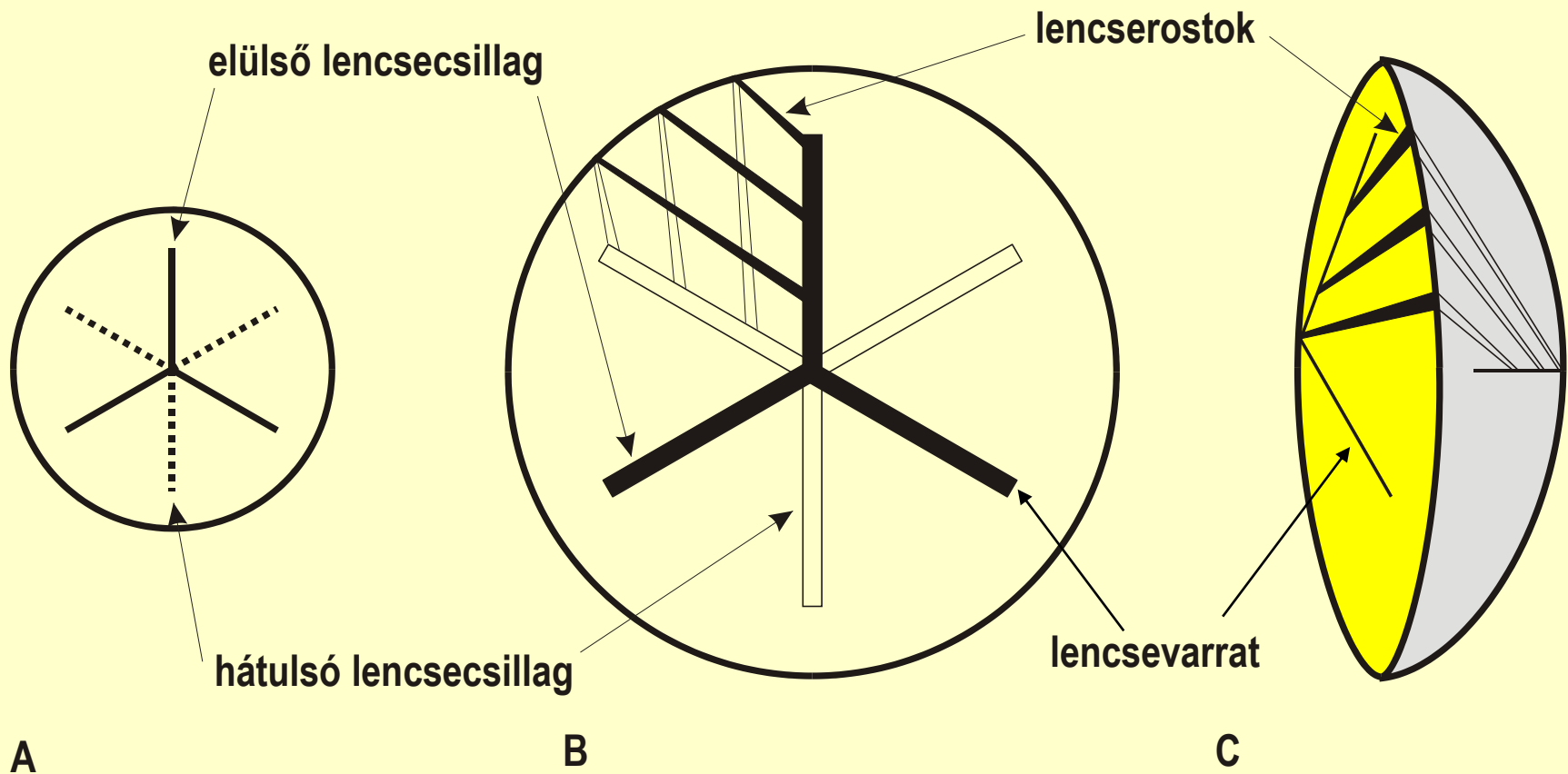
Pax6, PDGF



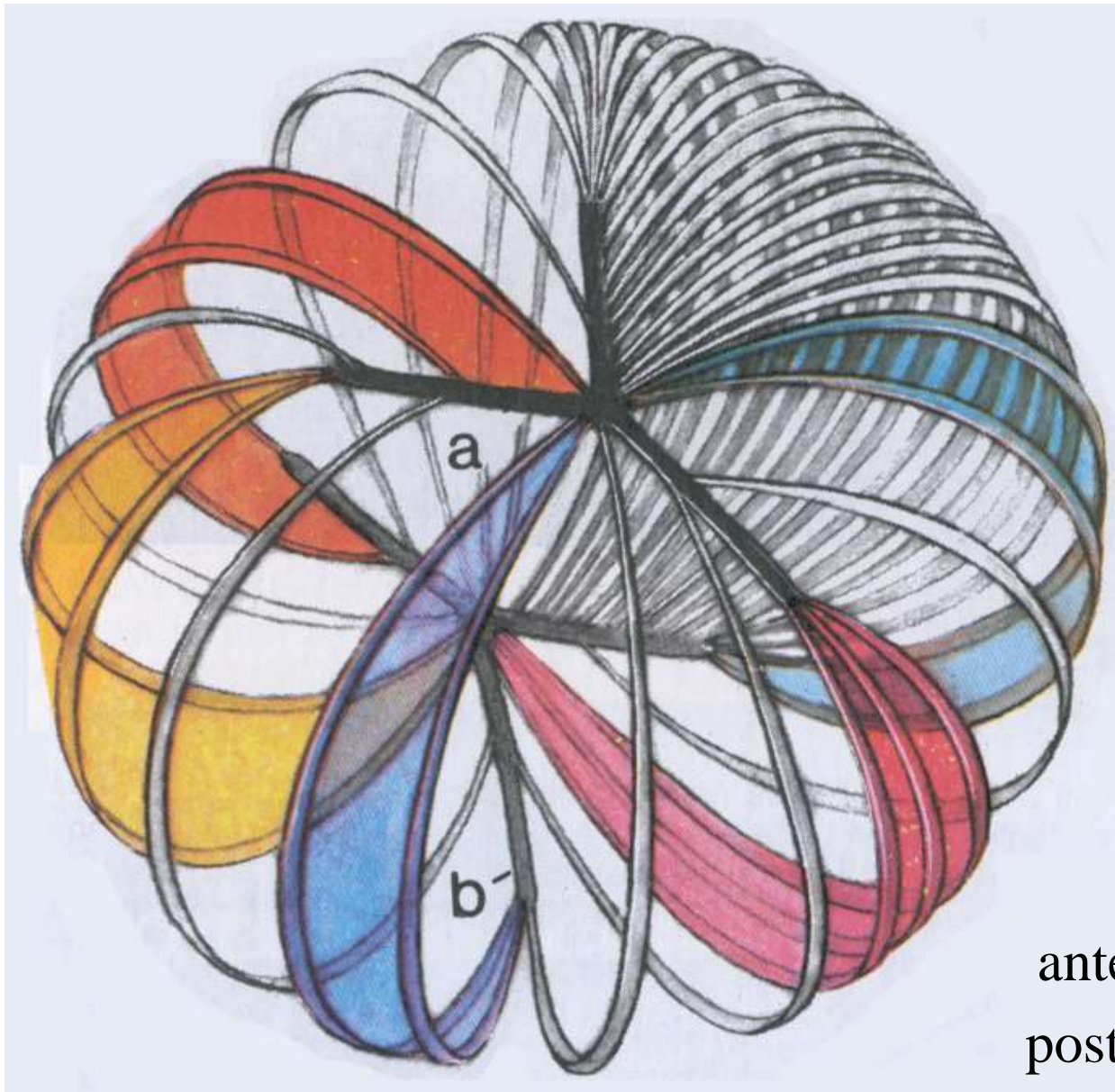
Vimentin downreguláció magmentes sejtekben (vörösvérsejt, lencserost)



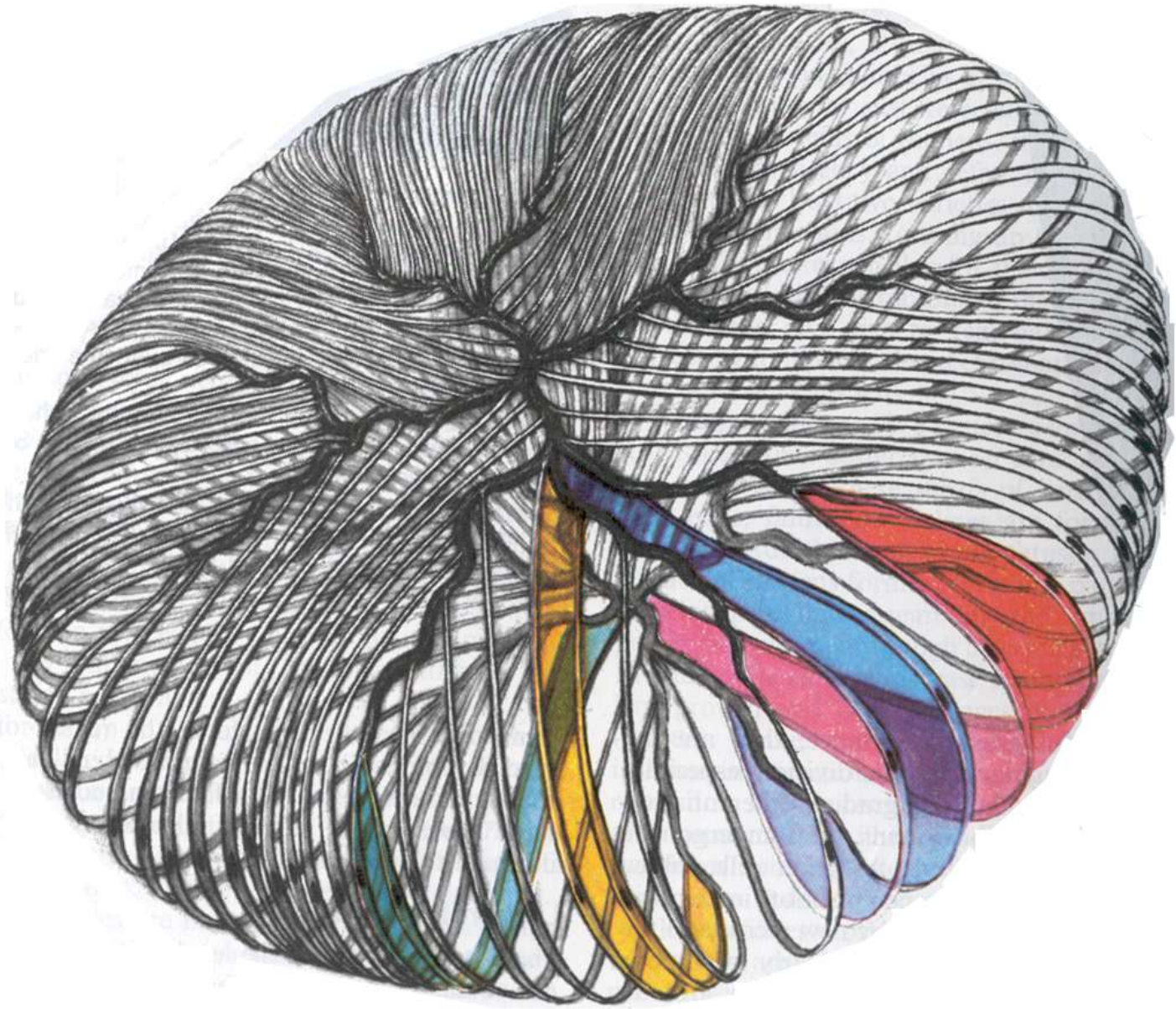
A lencse-varratok és a lencserostok elrendeződése



Triradialis varratok a fetalis lencsében



Felnőtt varratok másodlagos és harmadlagos dichotomikus elágazásokkal



Szürkehályog (cataracta)

Cataracta (vizesés): a lencse progrediáló elhomályosodása.

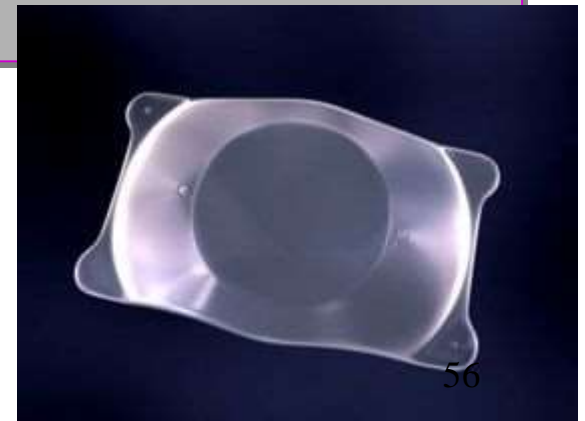
Bármely korosztálynál előfordulhat, fejlődési rendellenesség, sérülés, anyagcsere-betegség következménye.

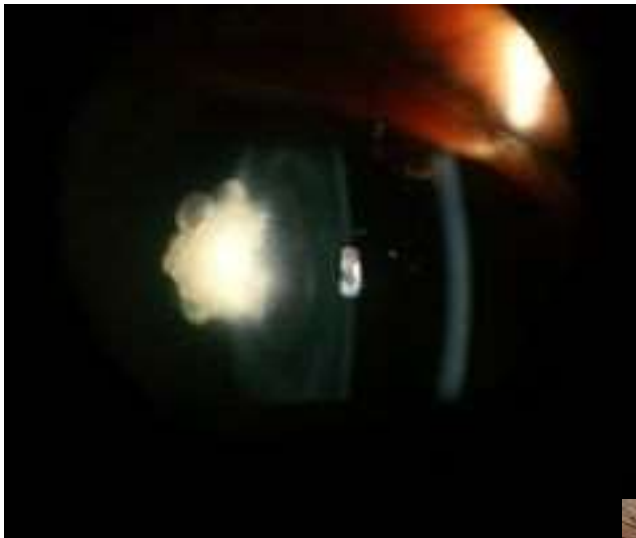
Leggyakoribb oka a lencserostok elöregedése (cataracta senilis).

A lencsehomály helyétől függően (corticalis, nuclearis, subcapsularis) előbb vagy később jelentkeznek tünetek.

Klasszikus megoldás: lencse-eltávolítás. A lencsenélküli szem: aphakia (erős hypermetrópia).

Lencse extrakció és intraokuláris
lencse (IOL) implantáció





Hátulsó poláris
cataracta

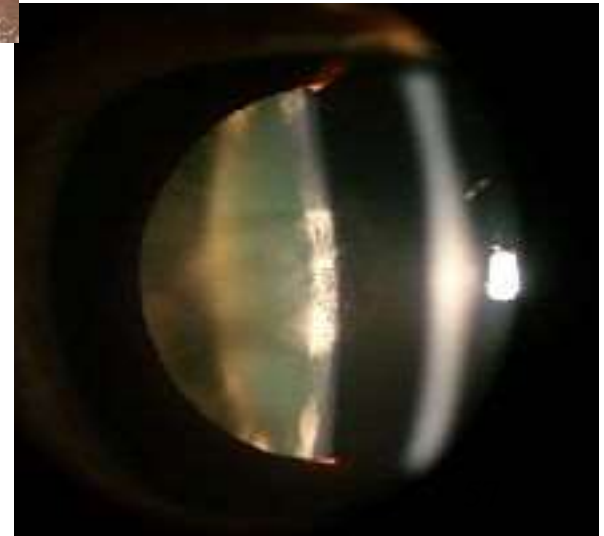
Corticalis
cataracta



Elülső subcapsularis
cataracta



Érett
cataracta





Water lilies

Los Angeles, 2013



Renoir: Portrait of Monet

Claude Monet: The Water Lily Pond



Akkomodáció

Sugárizmok kontrahálóknak
(paraszimpatikus
beidegzés, „sphincter”)

*Lencsefüggesztő készülék
átmérője csökken*

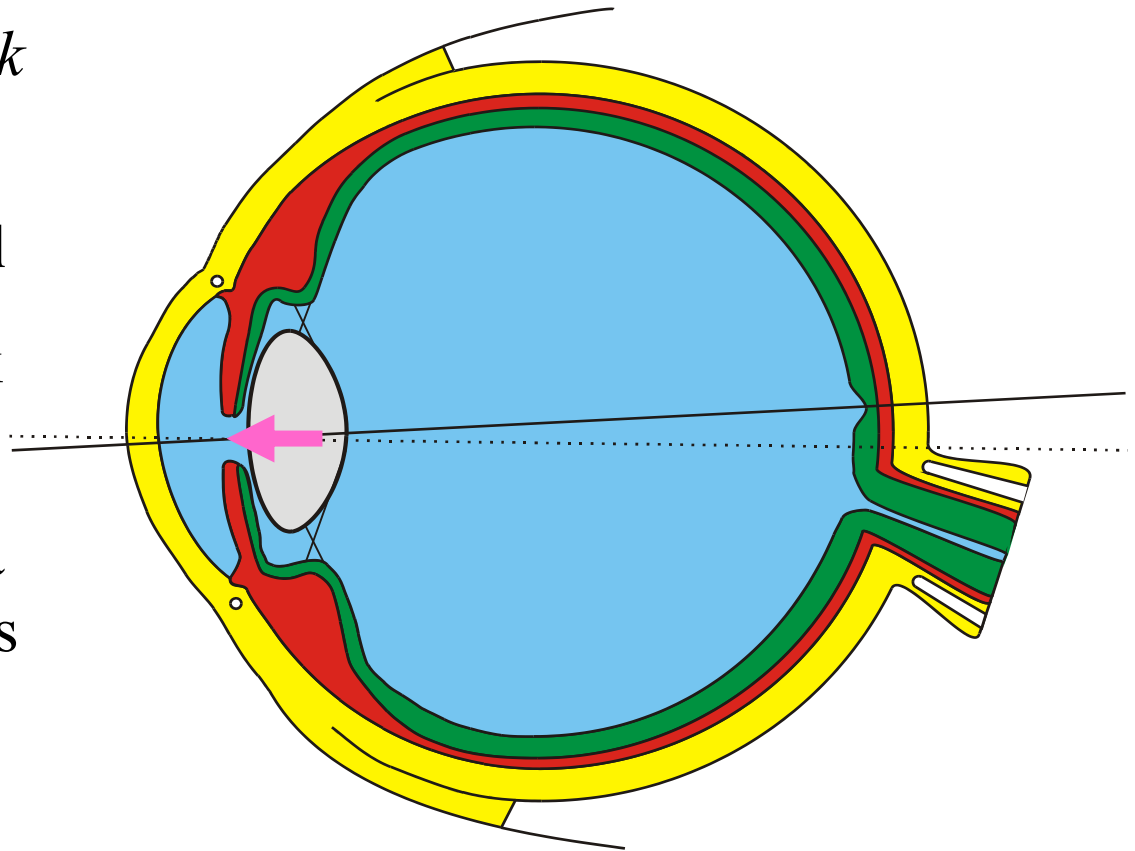
Sugártest előremozdul

Lencsefüggesztő rostok
elernyednek

Lencse görbületi sugara
csökken (a capsula lentis
elasztikus)

Törőképesség nő

**Nézés közvetlen
közelre (min.: 6,5 cm)**



Dezakkomodáció

Sugárizom elernyed

**Lencsefüggesztő
készülék hátrahúzódik
(Bruch-membrán: rúgó)**

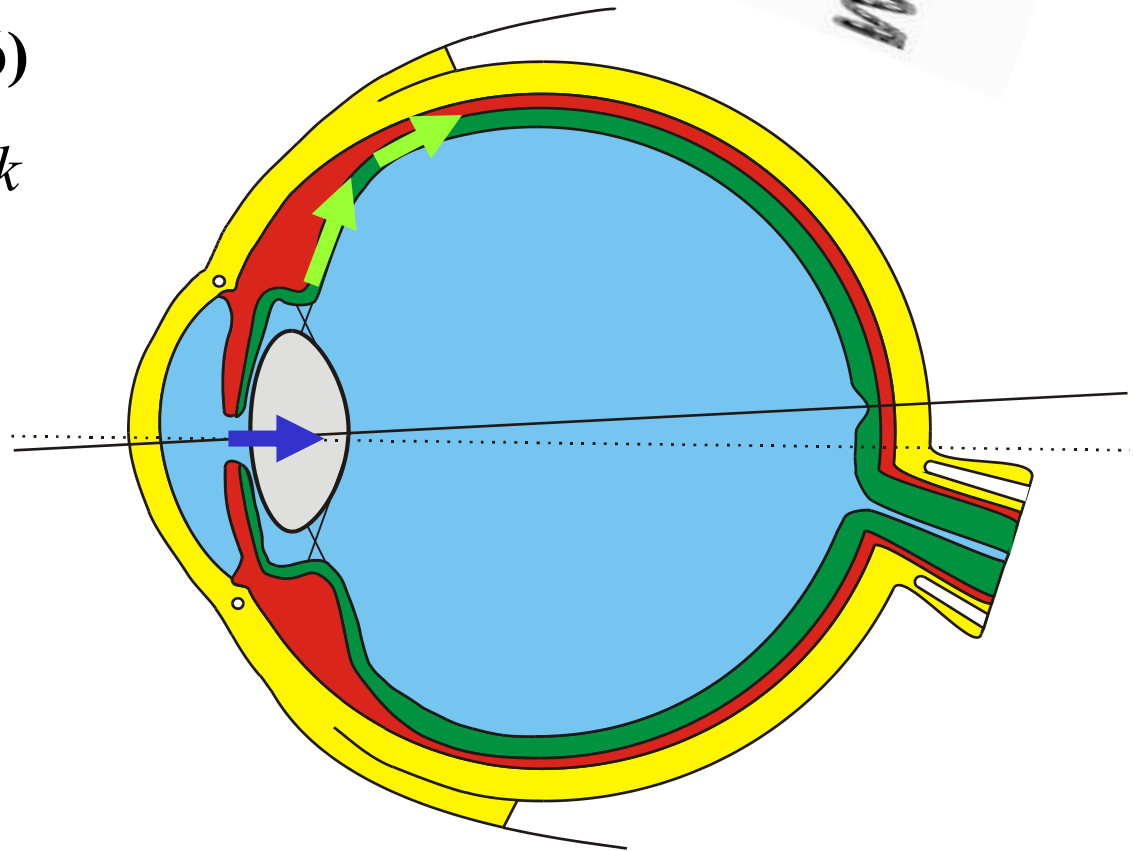
*Lencsefüggesztő készülék
átmérője nő*

Lencsefüggesztő rostok
megfeszülnek

Lencse ellapul
(görbületi sugár nő)

Törőképesség csökken

Nézés a végtelenbe



Refraktív anomáliák (A törőképesség zavarai)



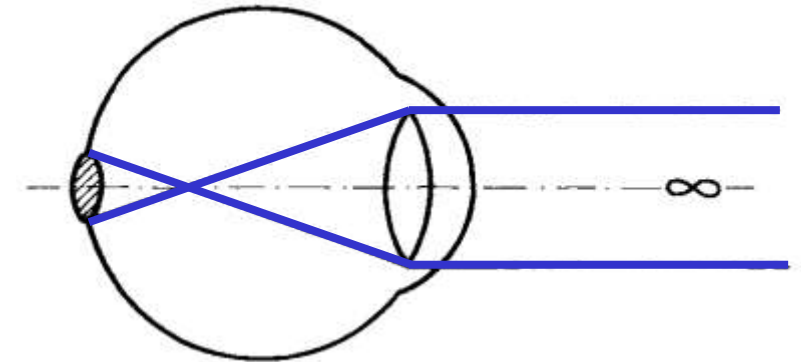
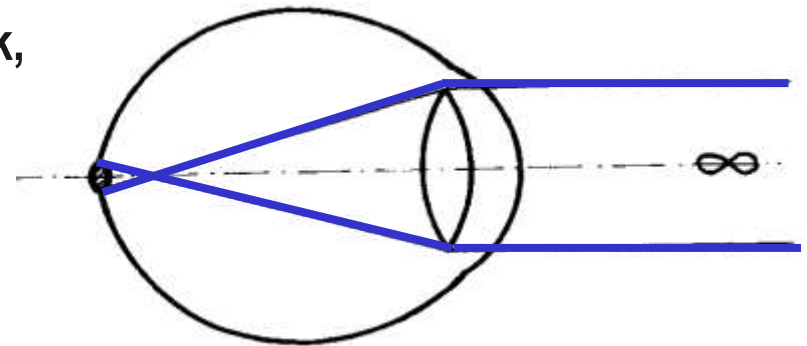
Myopia (fokozott törőerő, rövidlátás, 10%)

Tengely-myopia: túl nagy a szem.

Törési myopia: domborúbb cornea vagy lencse.

Tranzitorikus myopia (fáradtság, gyógyszerek, mérgezés).

A kép a retina síkja előtt keletkezik.



Korrekción: szórólencse, radiális keratotómia (a törőerő csökkentése), a szemgolyó növekedésének megállítása (sclera megtámasztása).

Normális látás: emmetropia (fovea centralis és a cornea közötti távolság 24,4 mm,⁶² össztörőerő: 64 dioptria).

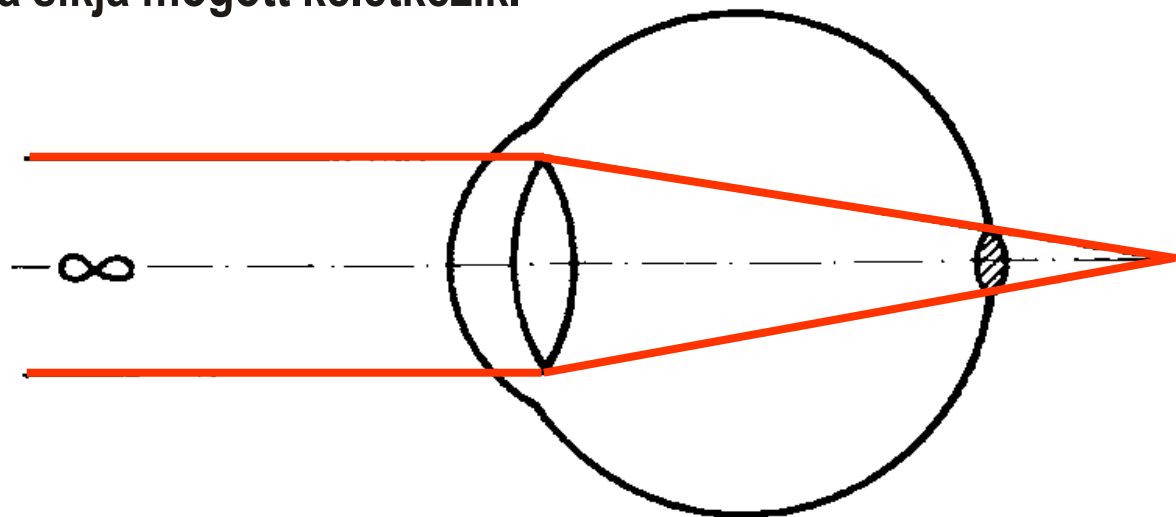
Hypermetropia, hyperopia (csökkent törőerő, túllátás, távollátás, 50%)

Tengely-hypermetropia: túl kicsi a szem (az ínhártya nyúlása hamar leáll).

Törési hypermetropia: lapos lencse.

Újszülöttkori hypermetropia: még kicsi a szemgolyó.

A kép a retina síkja mögött keletkezik.



Korrekción: gyűjtőlencse
(a törőerő növelése),
lézeres keratectomia

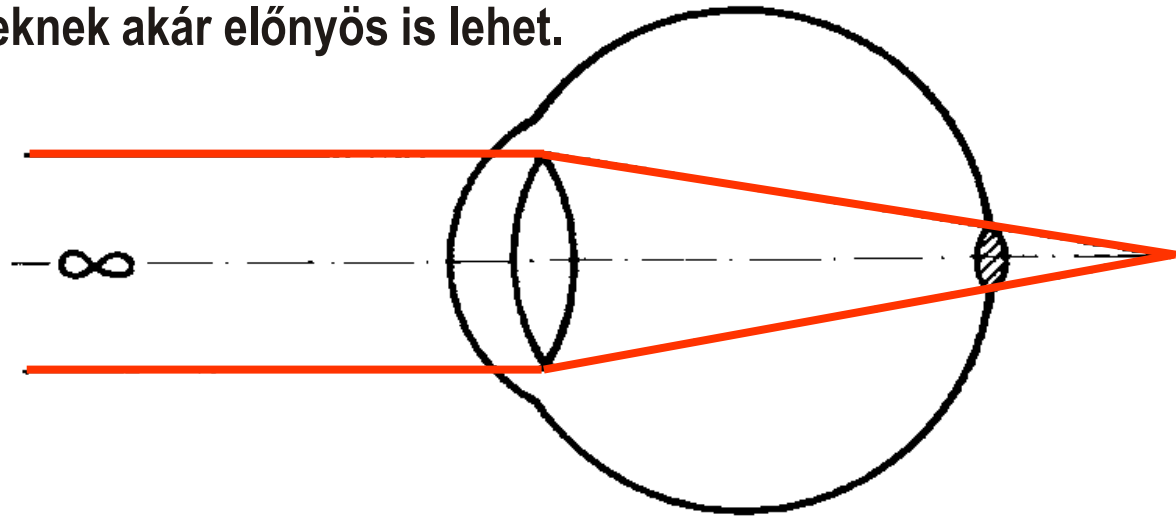
Normális látás: emmetropia (fovea centralis és a cornea közötti távolság 24,4 mm,⁶³ össztörőerő: 64 dioptria).

Presbyopia (öregszeműség)

Lencsefehérjék denaturálódnak (35 év felett),
akkomodációs képesség csökken vagy elvész.

A lencse nem tud eléggé összehúzódni (capsula
elaszticitása csökken), a végtelenbe fókuszál.

Myóp pácienseknek akár előnyös is lehet.



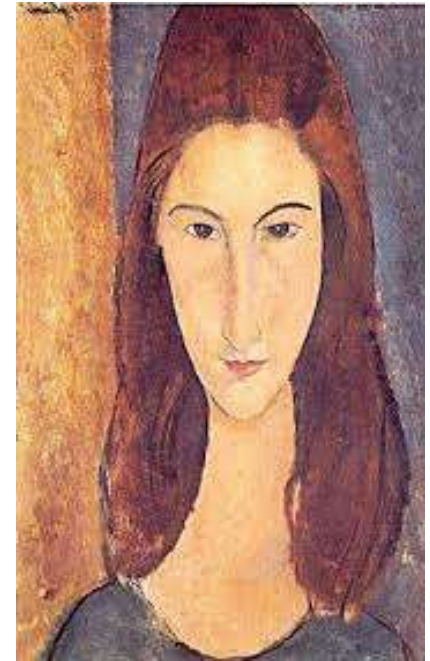
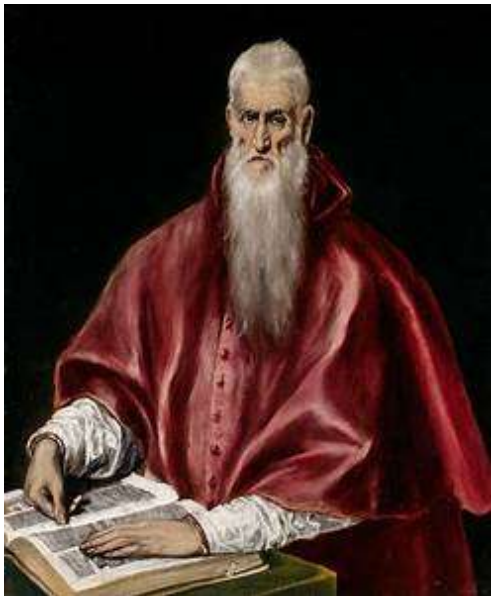
Korrekción: gyűjtőlencse
közellátáshoz (eleinte), majd
távollátáshoz is (bifokális vagy
progresszív), lézeres keratektómia.

Az állapotról először Arisztotelész
műveiben olvashatunk az i.sz. előtti
IV. században. Üveglencsét először
a XIII. században alkalmaztak a
probléma megoldására.

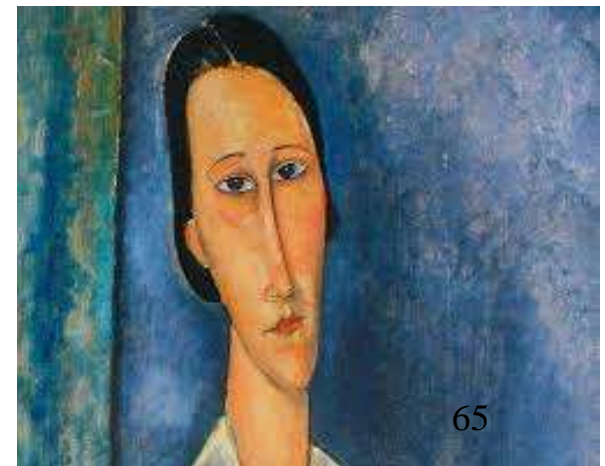
Normális akkomodációs képesség: 15 dioptria,
50 felett ez 2 dioptria, 70 felett már csak 1D.

Astigmatizmus (a szemgolyó egyes sugárirányokban jelentősen eltérő fénytörésű).

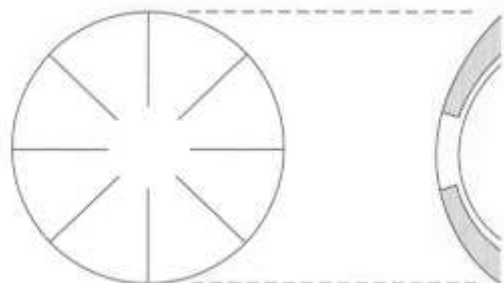
El Greco



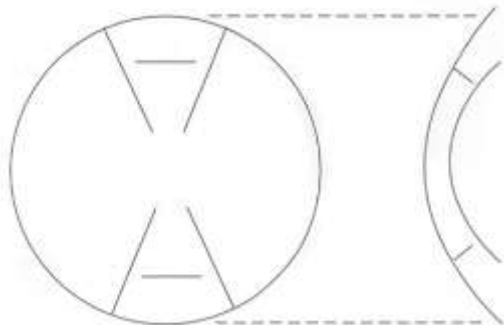
Modigliani



Radialis keratotomia



**Radialis
bemetszések**



**Bemetszések az
astigmatismus
korrekciójára**



**A kinyíló vágások
miatt a centrális
cornea ellapul, a
törőerő csökken**

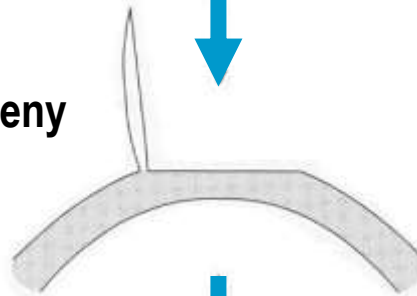
Excimer lézer keratectomia

A stroma alakjának átformálása

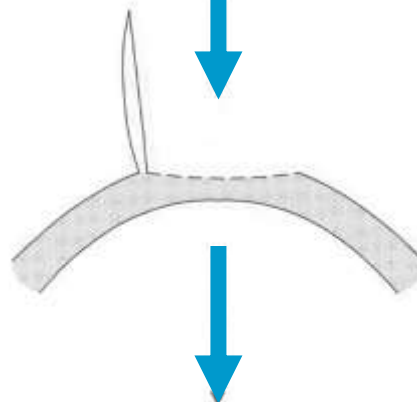


**Bemetszés,
lebenskésztés**

Hámlebeny



**A stroma
felszínének
elvékonyítása**

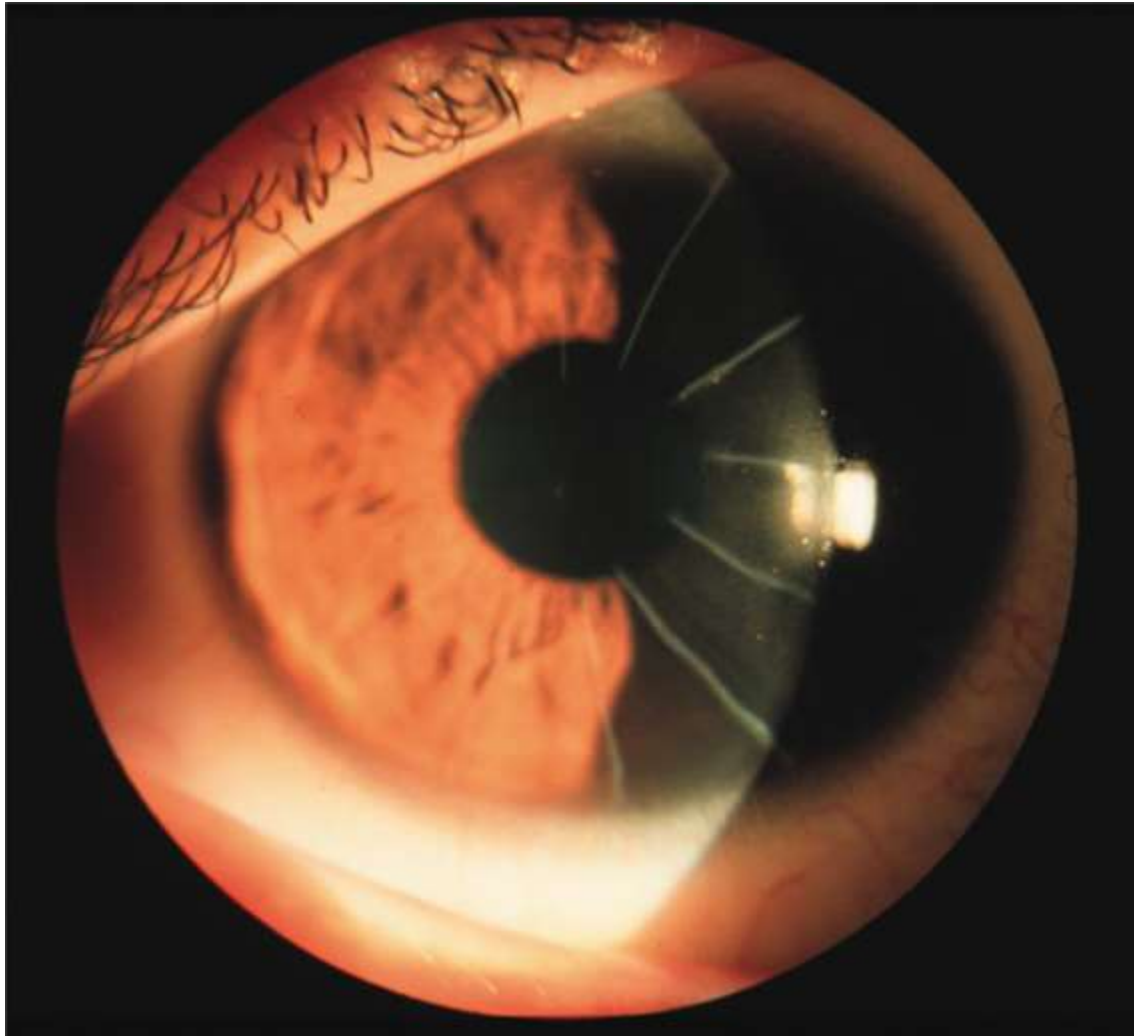


**A stroma
felszínének
kialakítása
(reshaping)**



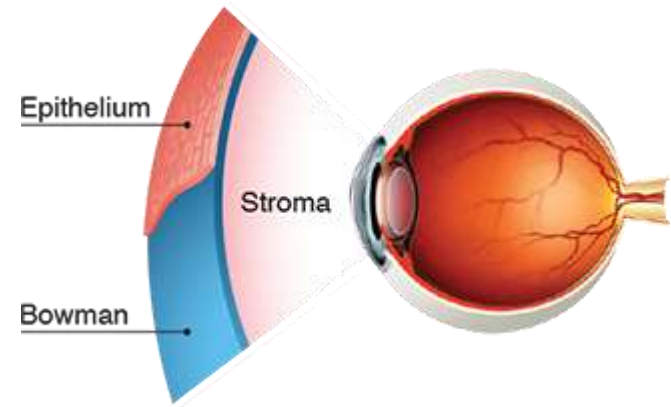
**Hámlebeny
visszahelyezése**

Radialis keratotomy



A refrakciós anomáliák korrekciója

lupe,
szemüveg,
kontaktlencse,



intraokuláris lencse implantáció (IOL),
radiális keratotómia,
lézeres látáskorrekció:

 fotorefraktív keratektómia (PRK),
 epiteliális keratomileusis (LASEK)
 in situ keratomileusis (LASIK).

excimer (UV), femtosecond (IR) lézer

2. A szem fejlődése



Holoprosencephalia

- 7q36 kromoszóma defektus
- sonic hedgehog knock out egér
- fetalis alkohol szindróma

Shh elengedhetetlen a prosencephalon ventromedialis (középvonali) részeinek a kialakulásához (ez a 3. magzati hét idején következik be).



Holoprosencephalia

hiányzik az
intermaxillaris
nyúlvány



cebocephalia

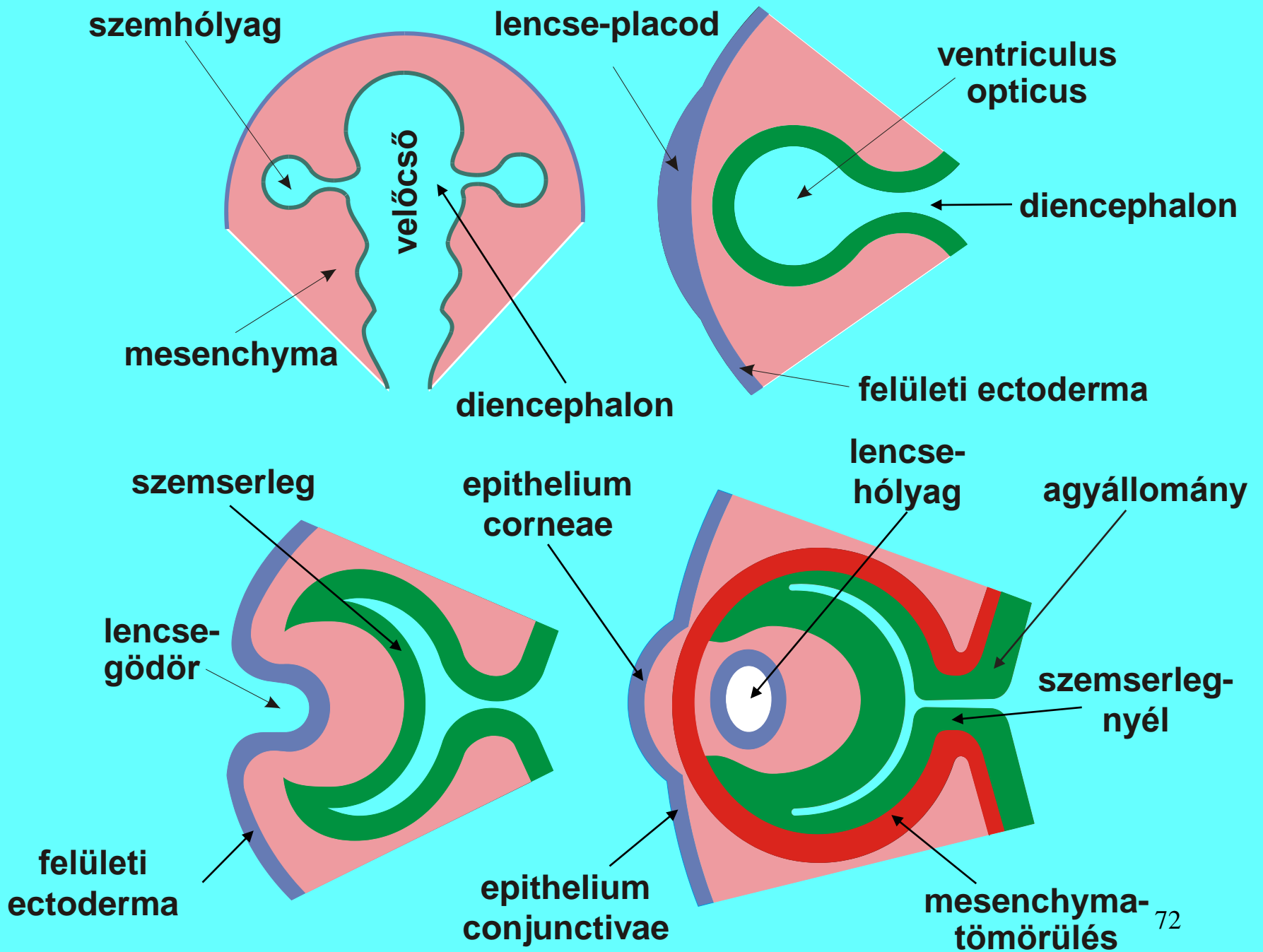
a sonic hedgehog
hiánya miatt
bekövetkező
torzképződmények



hiányzik az orr,
hypotelorismus



cyclopia



A szem és az agy fejlődése

mesenchyma

pupilláris
membrán

sclera

choroidea

agyburkok

ventriculus
opticus

agykamra

cornea

conjunctiva

nervus opticus

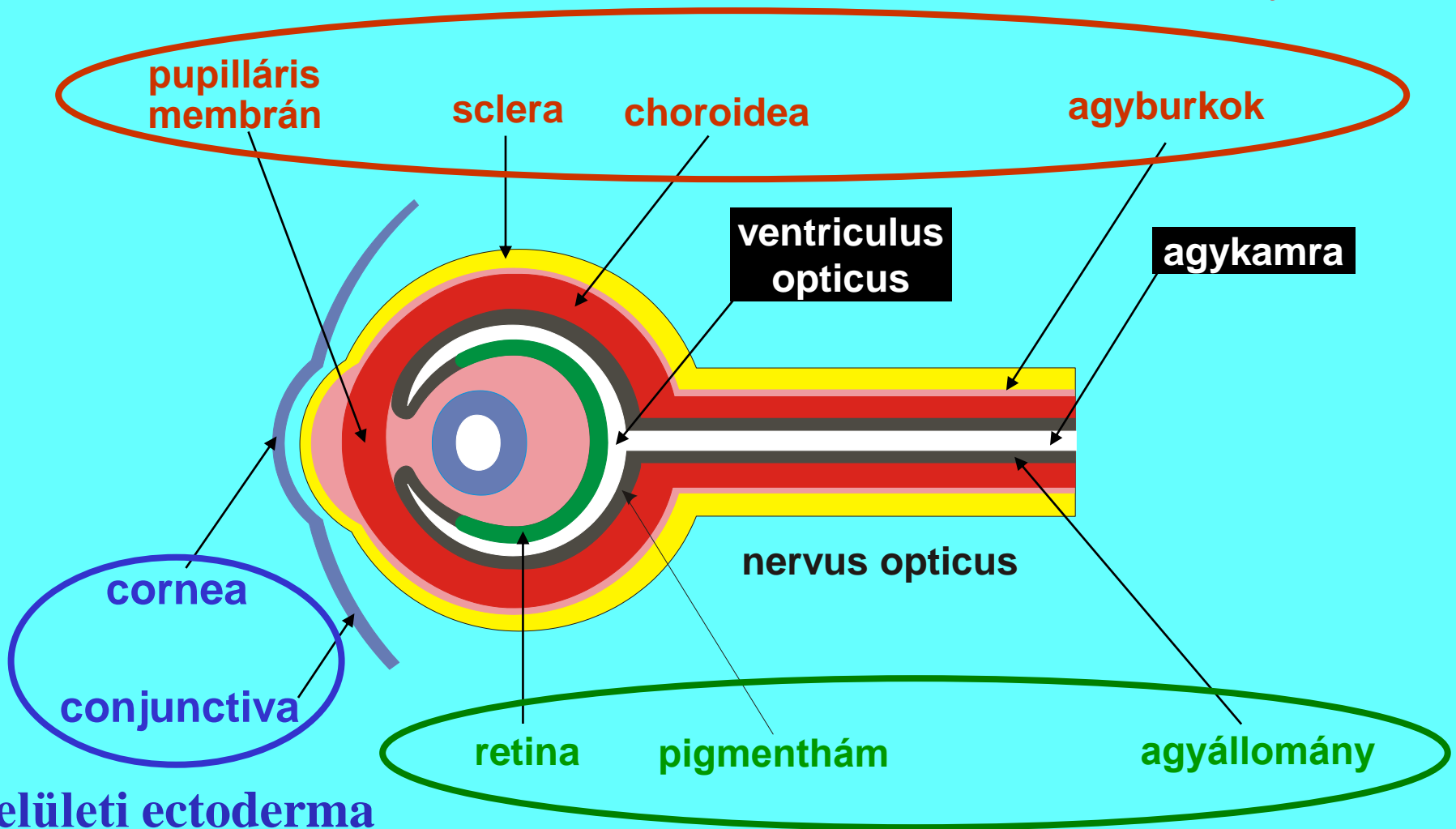
retina

pigmenthám

agyállomány

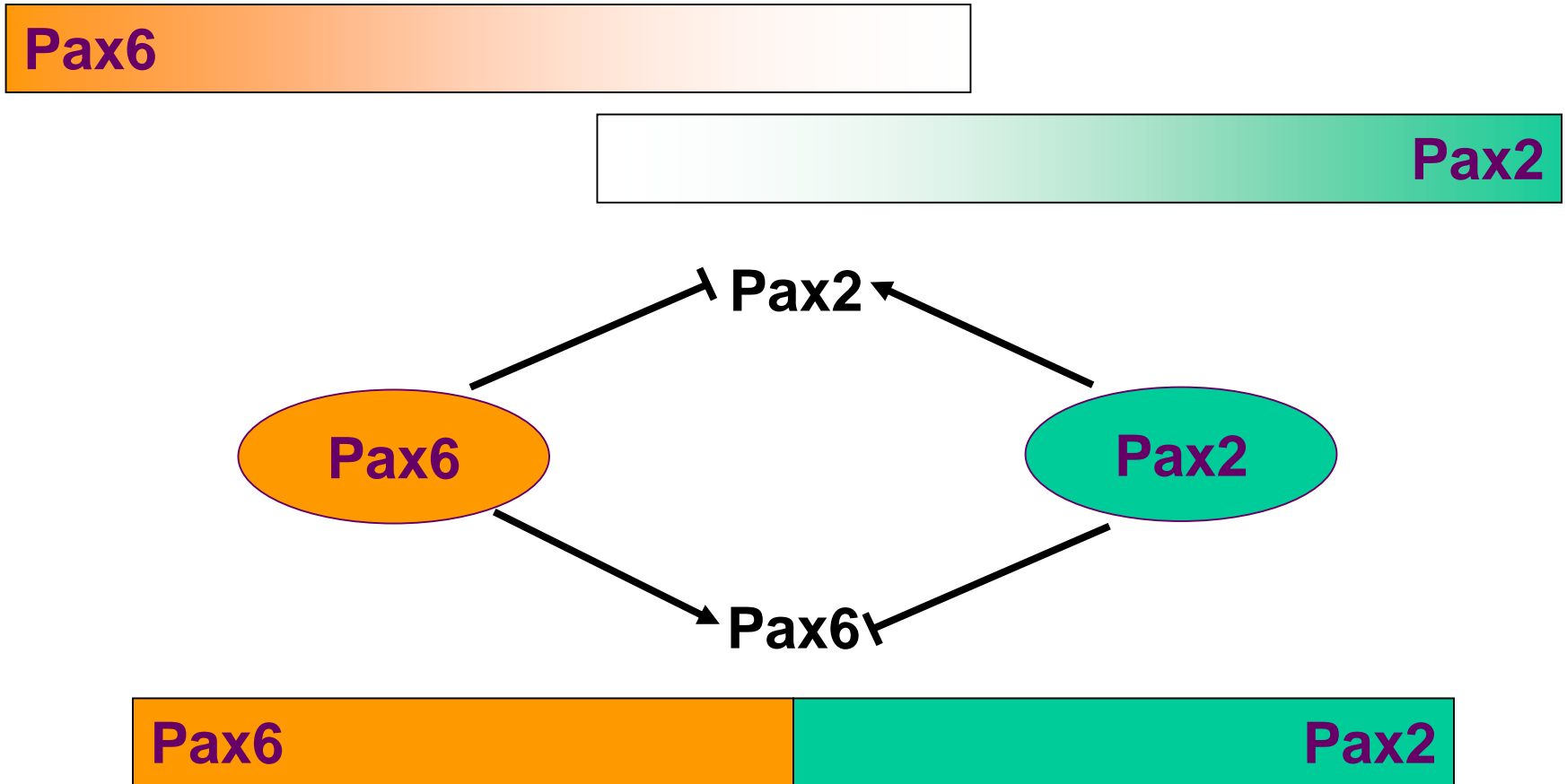
felületi ectoderma

neuroectoderma



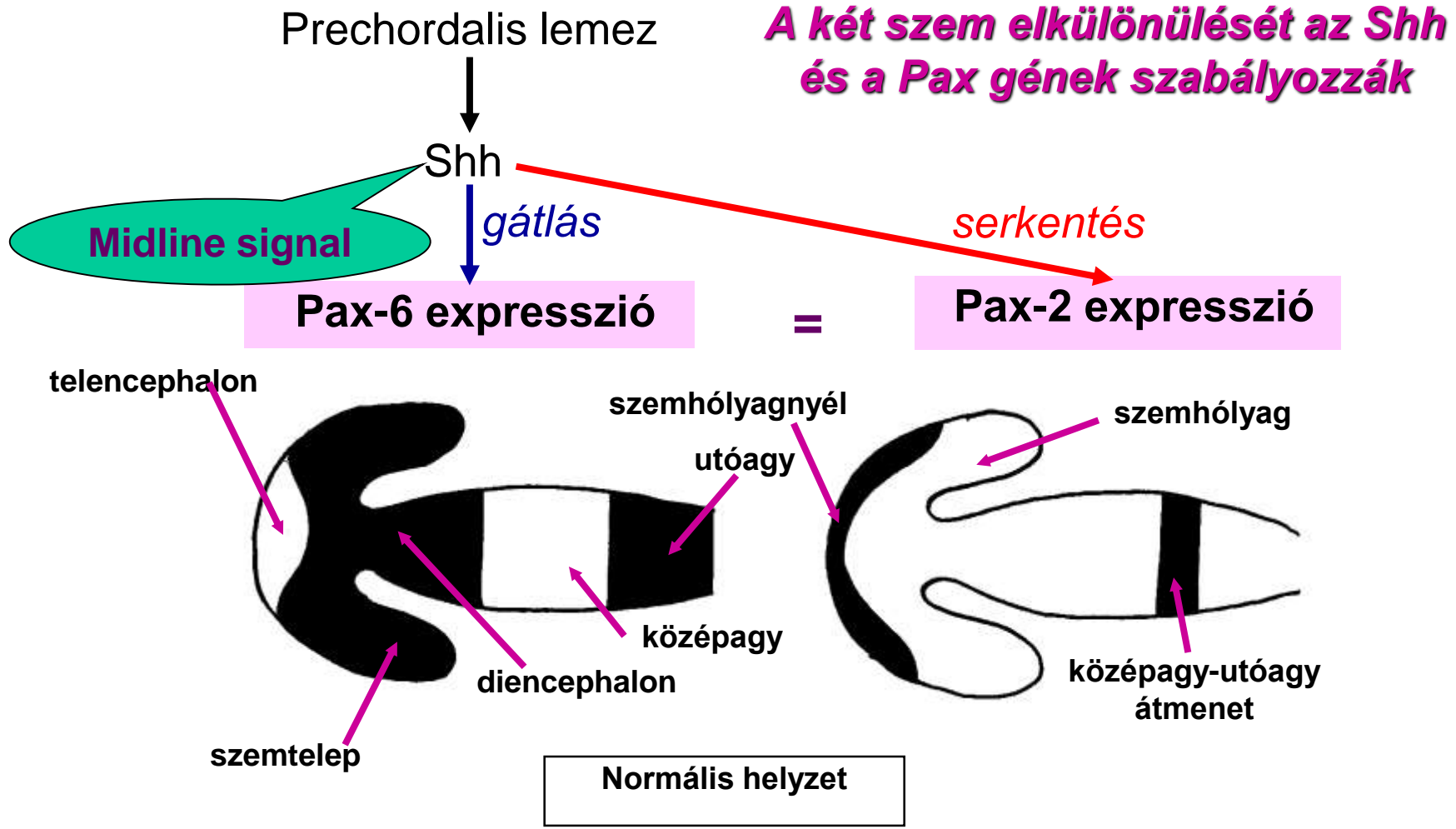
Reciprok kölcsönhatás két homeobox gén között

szemserleg/szemserlegnyél



szemserleg

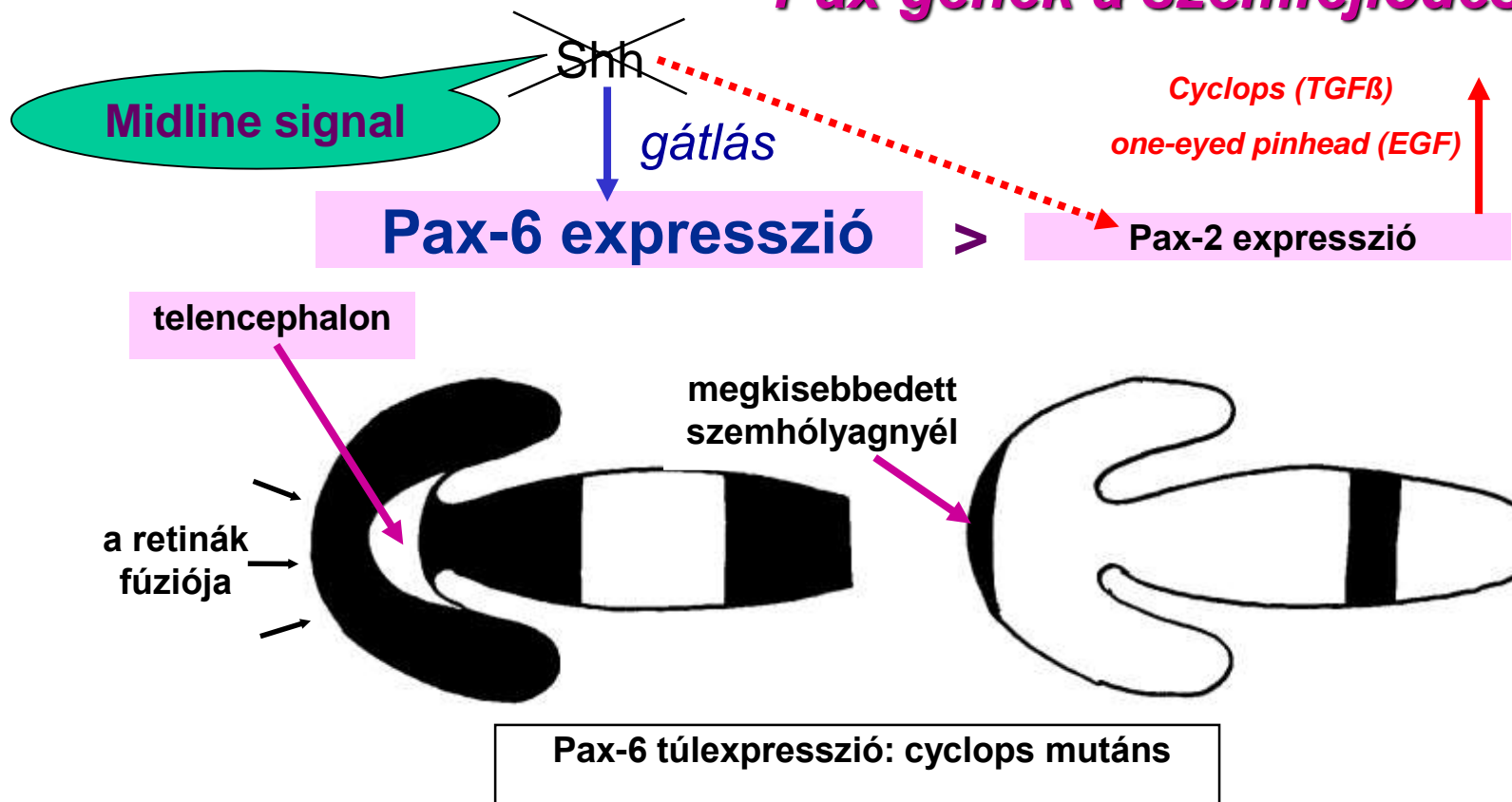
szemserlegnyél



A két szem elkülönülését az Shh és a Pax gének szabályozzák

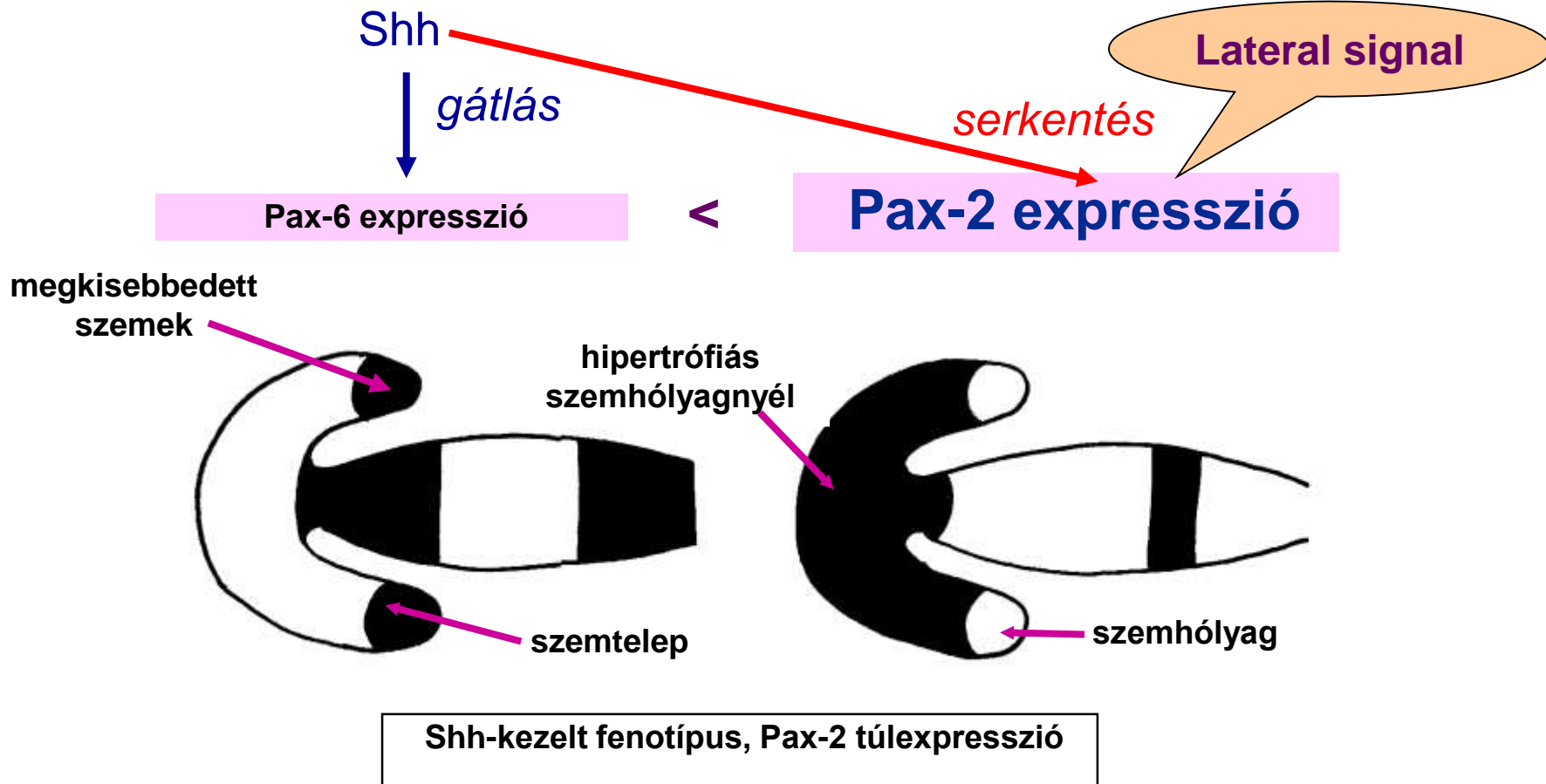
Az Shh egyensúlyban tartja a Pax-6 expressziót: két szem jól elkülönül. Pax-2 a chiasma opticumért felelős.

Pax gének a szemfejlődésben



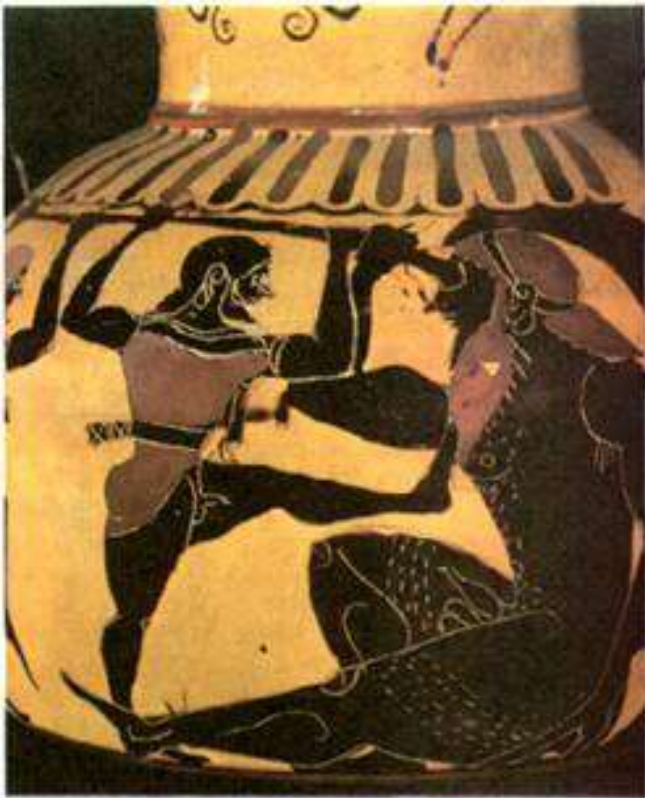
Az Shh-hiányos állatban **Pax-6 túlexpresszió** jön létre: a két szem nem különül el egymástól: **hypotelorismus, cyclopia**. A relatíve csökkent Pax-2 hatás nem elég a chiasma kialakításához.

Pax gének a szemfejlődésben



Az **Shh elnyomja** a Pax-6 expressziót, a két szem kicsi lesz és erősen eltávolodik egymástól: **hypertelorismus**. A Pax-2 túlsúly felelős a megnőtt chiasma kifejlődéséért.



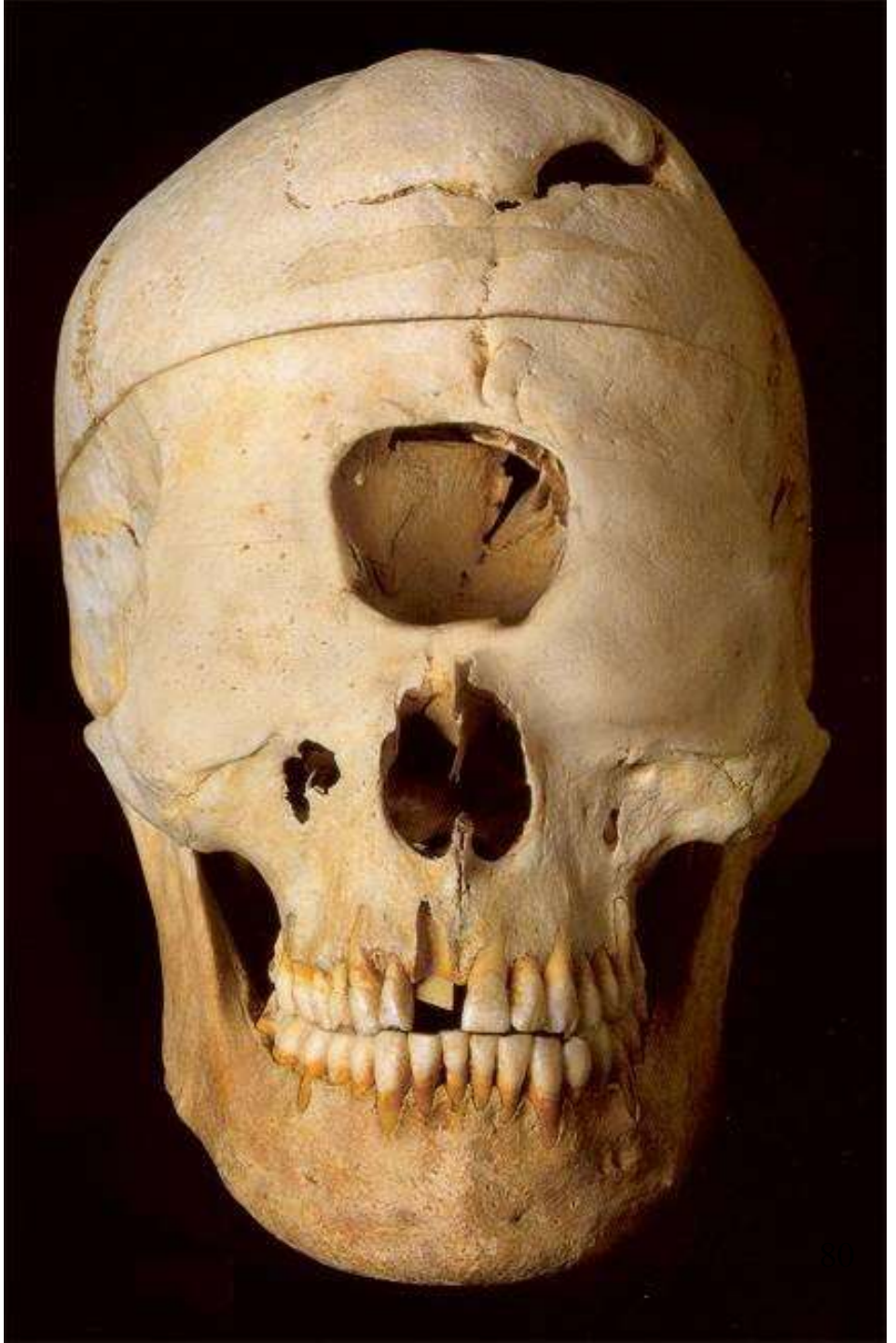


Küklopsz a görög mitológiában (Odüsszeusz és Polüphémosz)





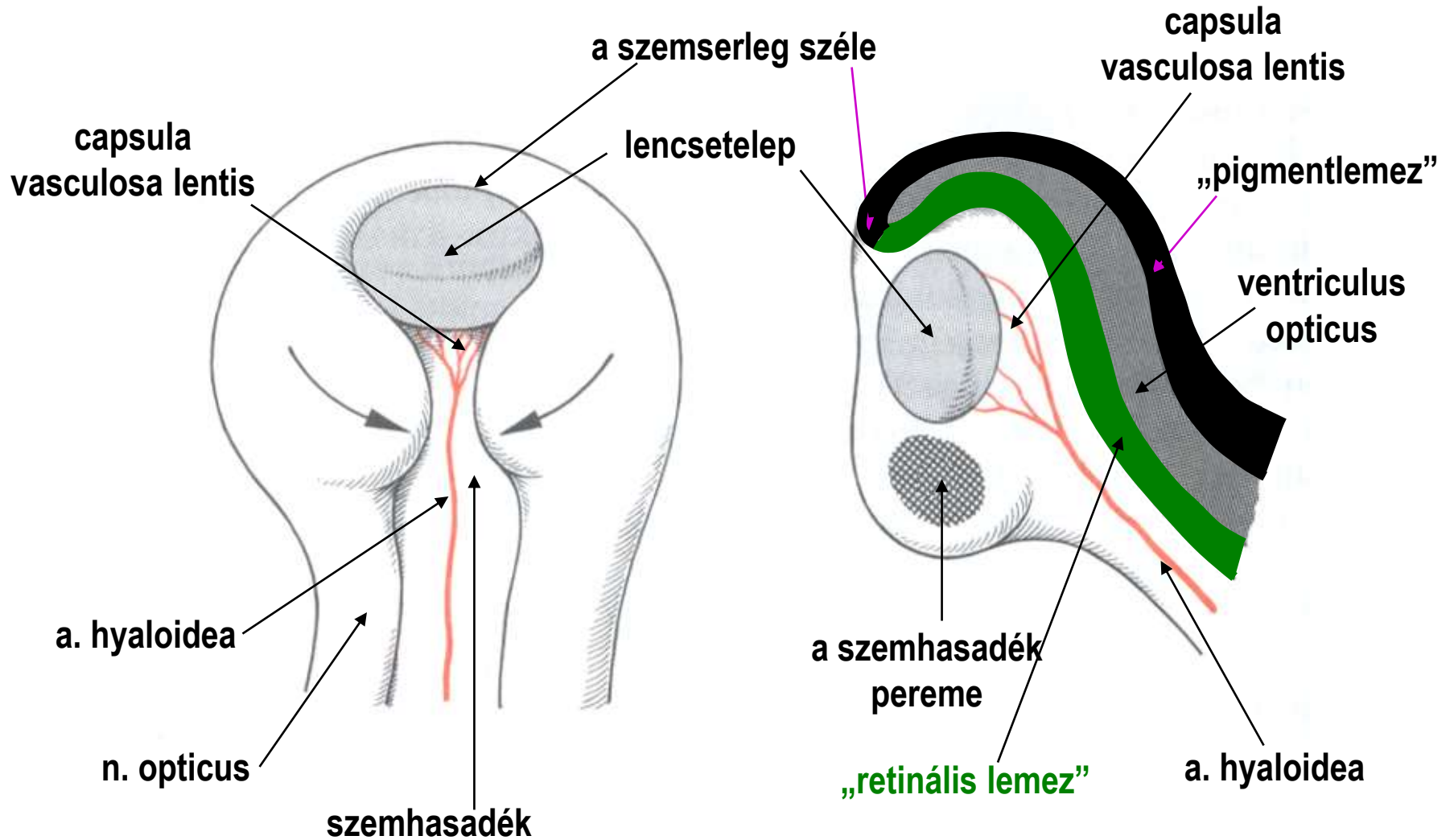
**Cyclopia
(cyclocephalia,
synophthalmia)**



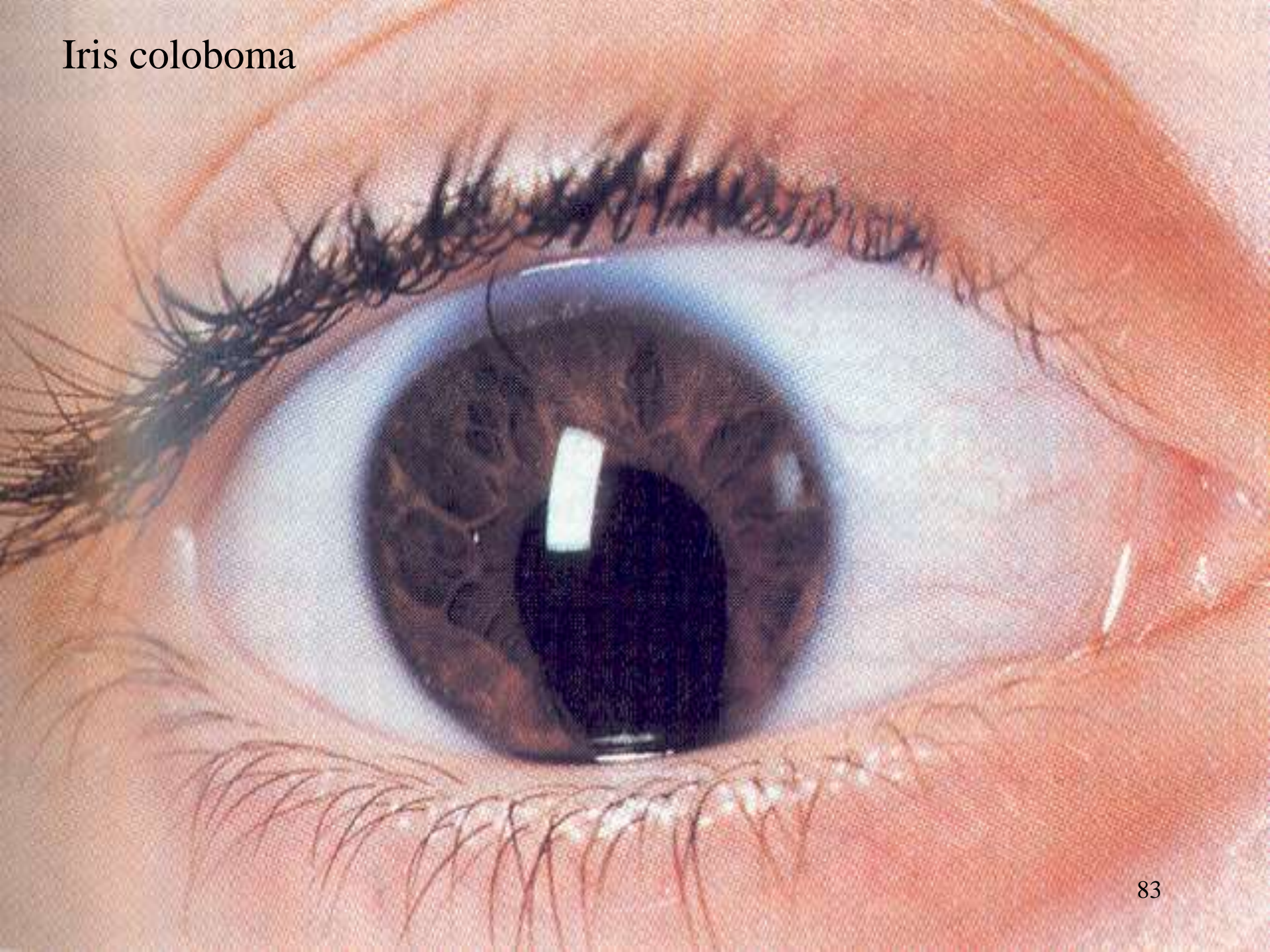
Hypertelorism



A szemserleg kialakulása



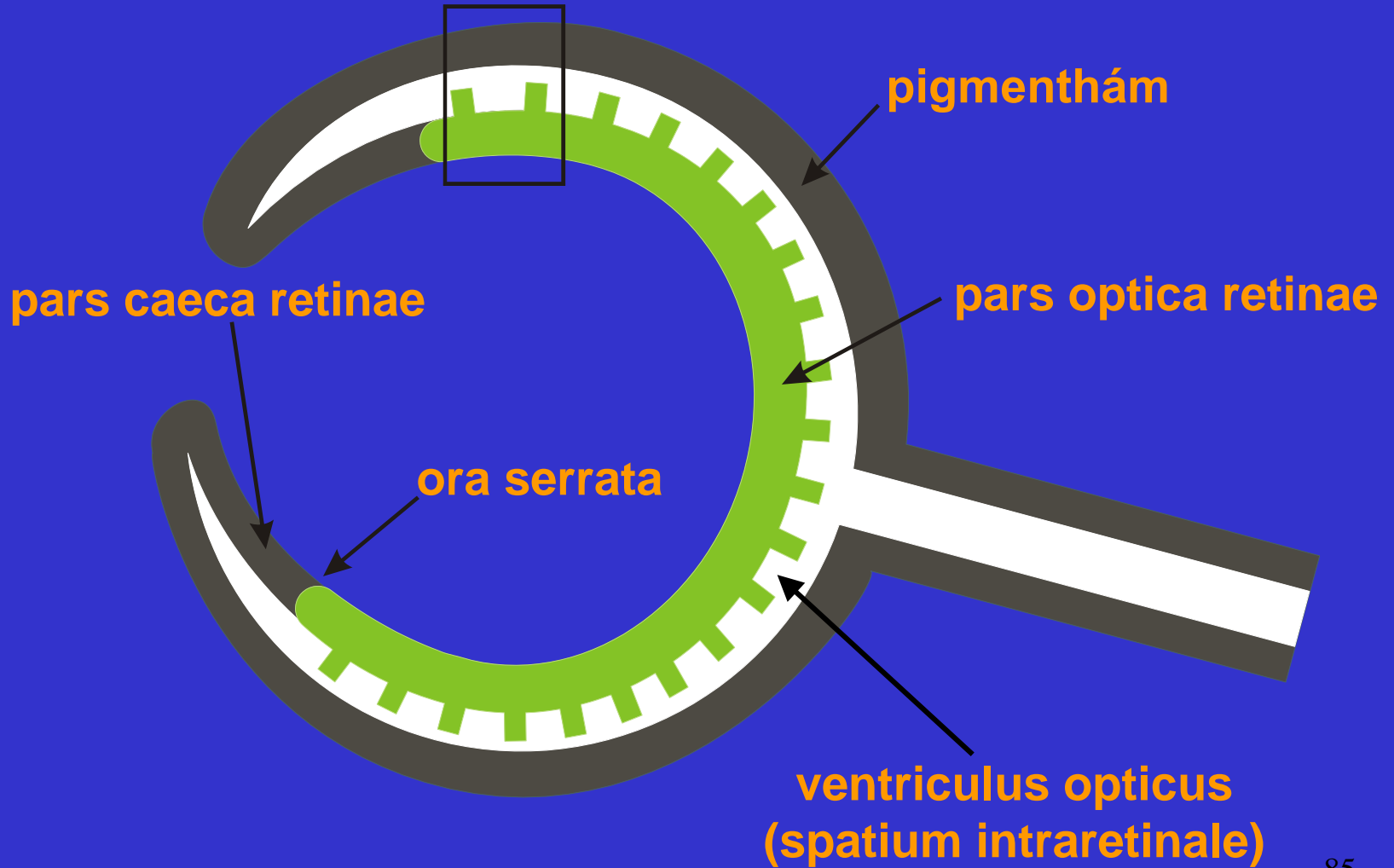
Iris coloboma



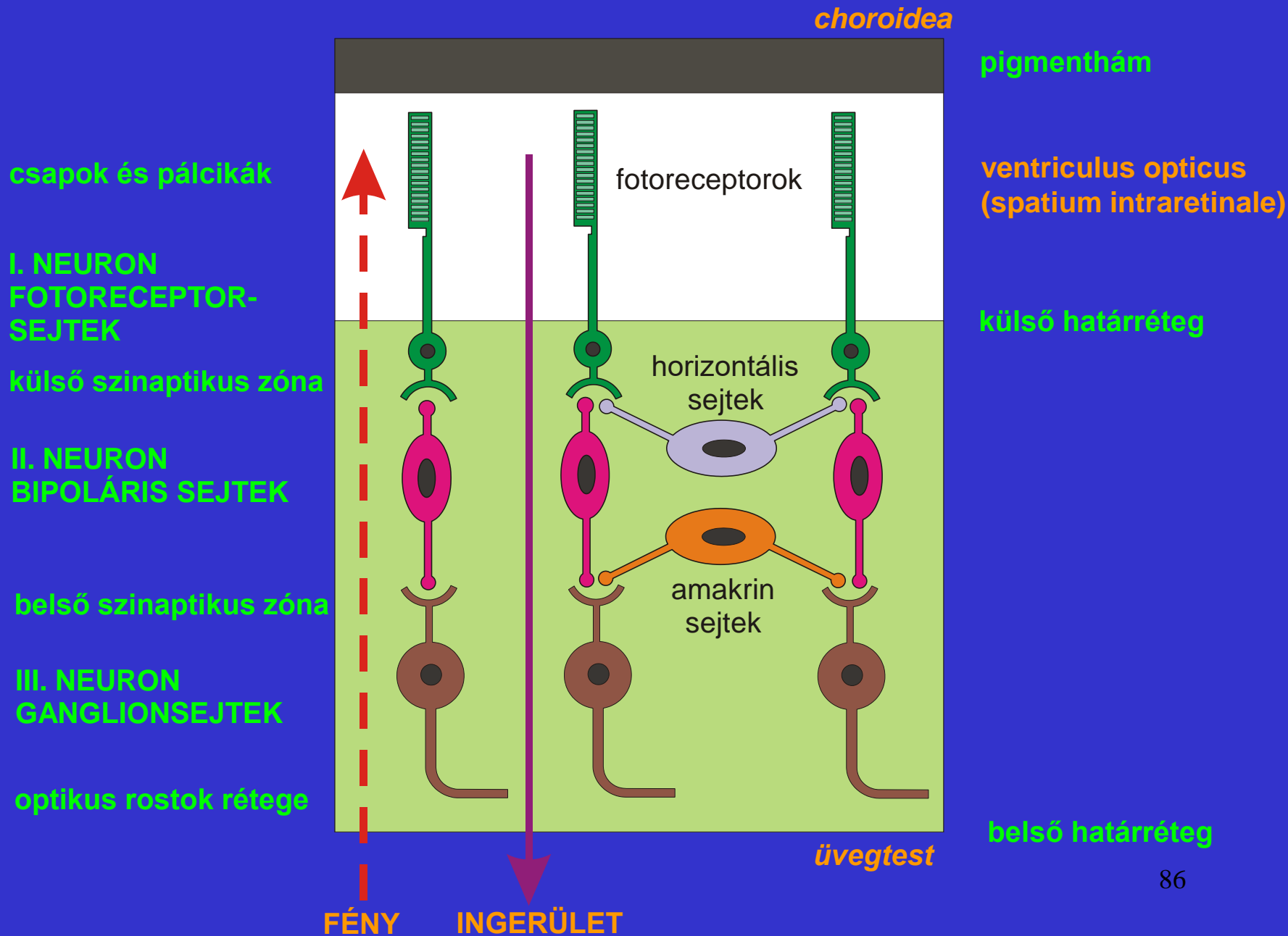
A szemgolyó burkai:
1/III. Tunica nervosa (retina)
szerkezete és rétegződése



A retina fejlődési sémája



A retina fontosabb sejtípusai és rétegződése



A retina rétegei radialis szövettani metszeten

sclera

pigmenthám

csapok és pálcikák

membrana limitans ext.

str. granulosum ext.

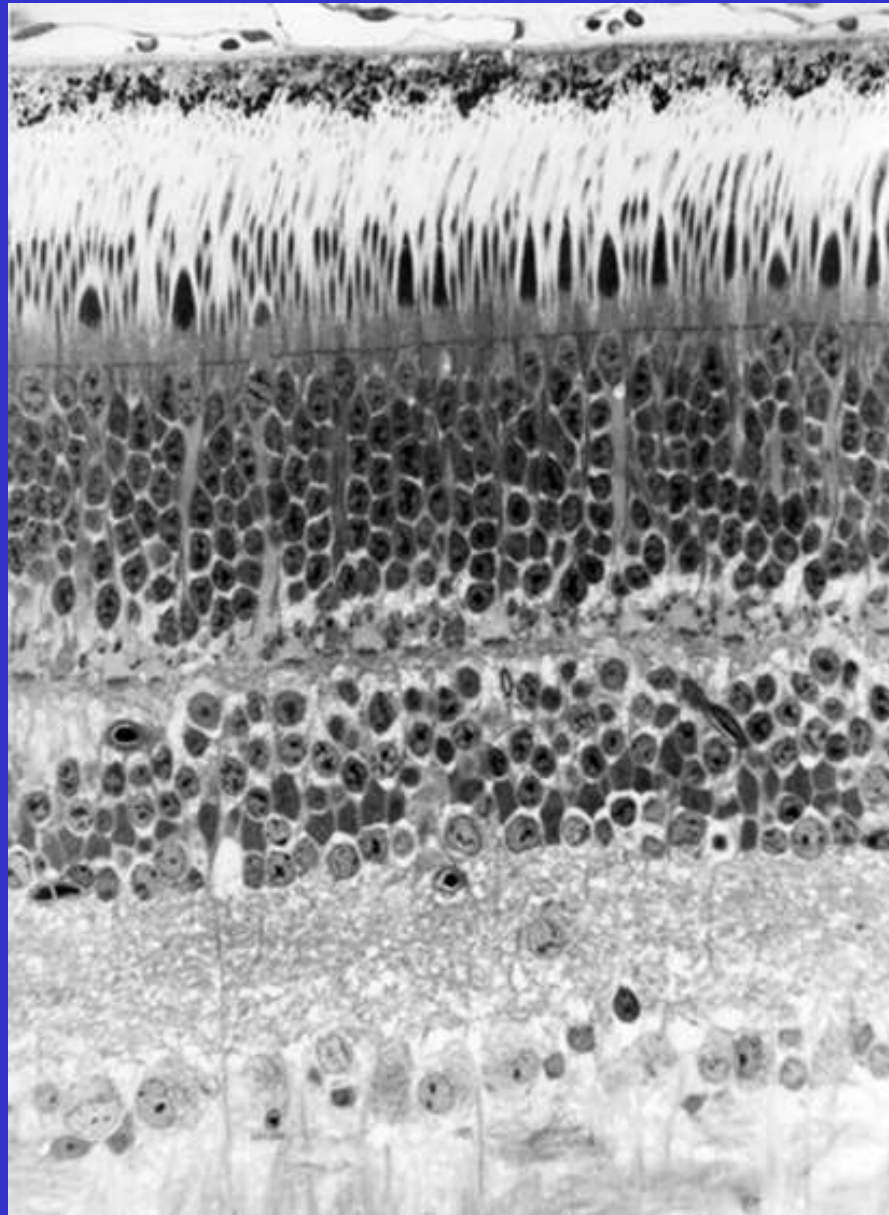
str. plexiforme ext.

str. granulosum int.

str. plexiforme int.

ganglion sejtek

n. opticus rostjai
membrana limitans int.



microvilli
kültagok

beltagok

csapok sejttestjei
pálcikák sejttestjei

horizontális sejtek

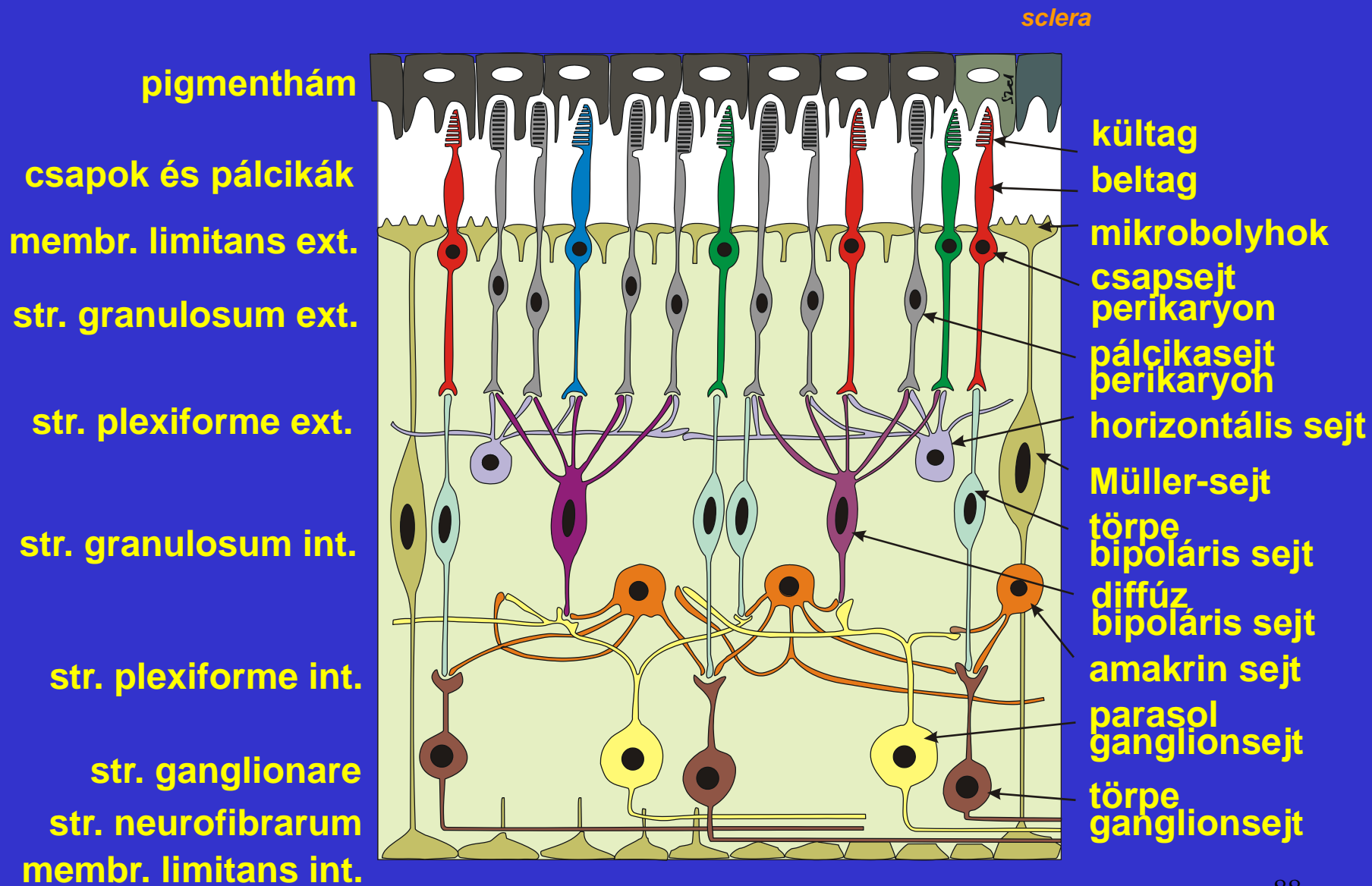
bipoláris sejtek
Müller-sejtek

amakrin sejtek

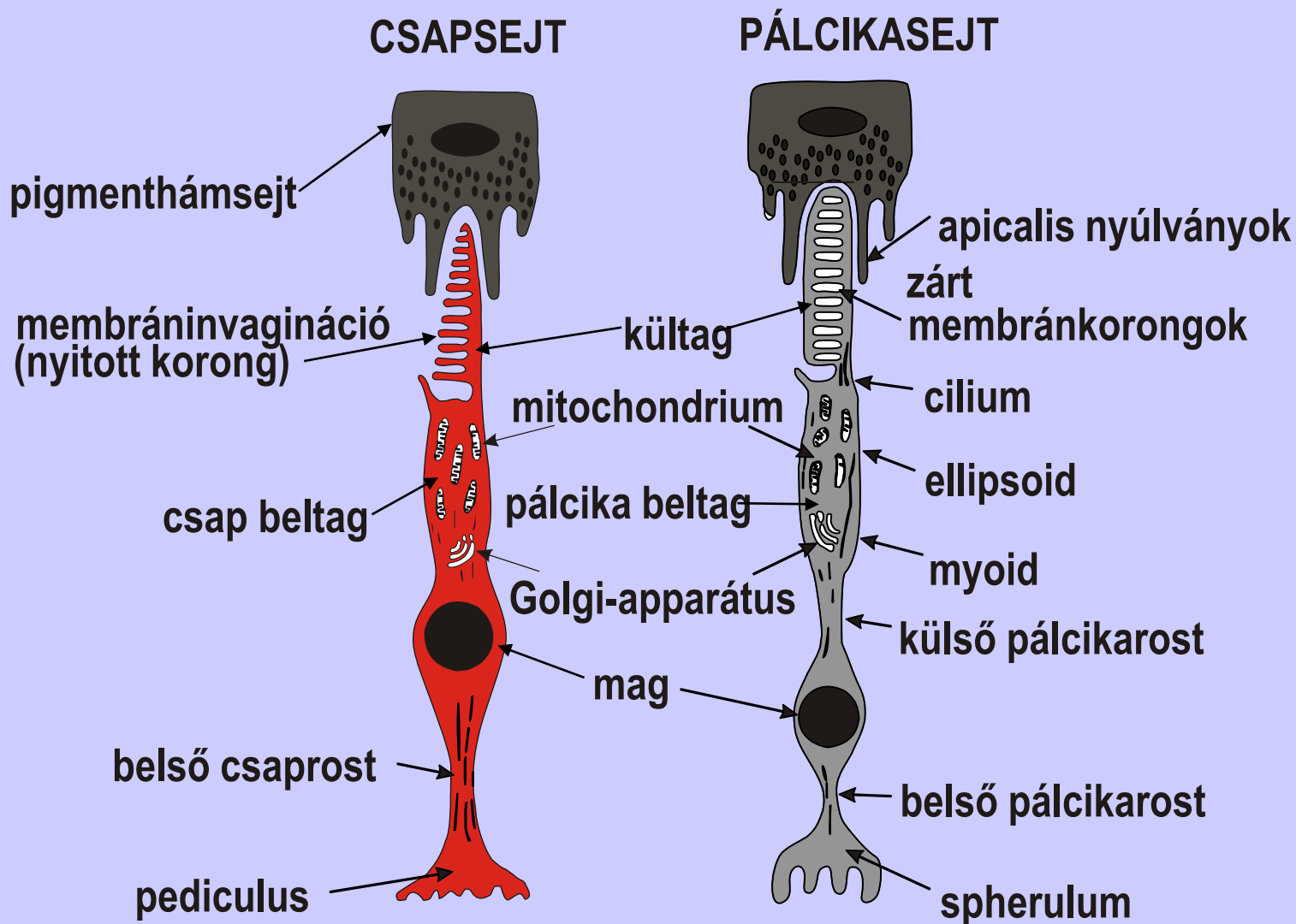
ganglion sejtek

↓ üvegtest

A retina fontosabb sejtípusai és rétegződése

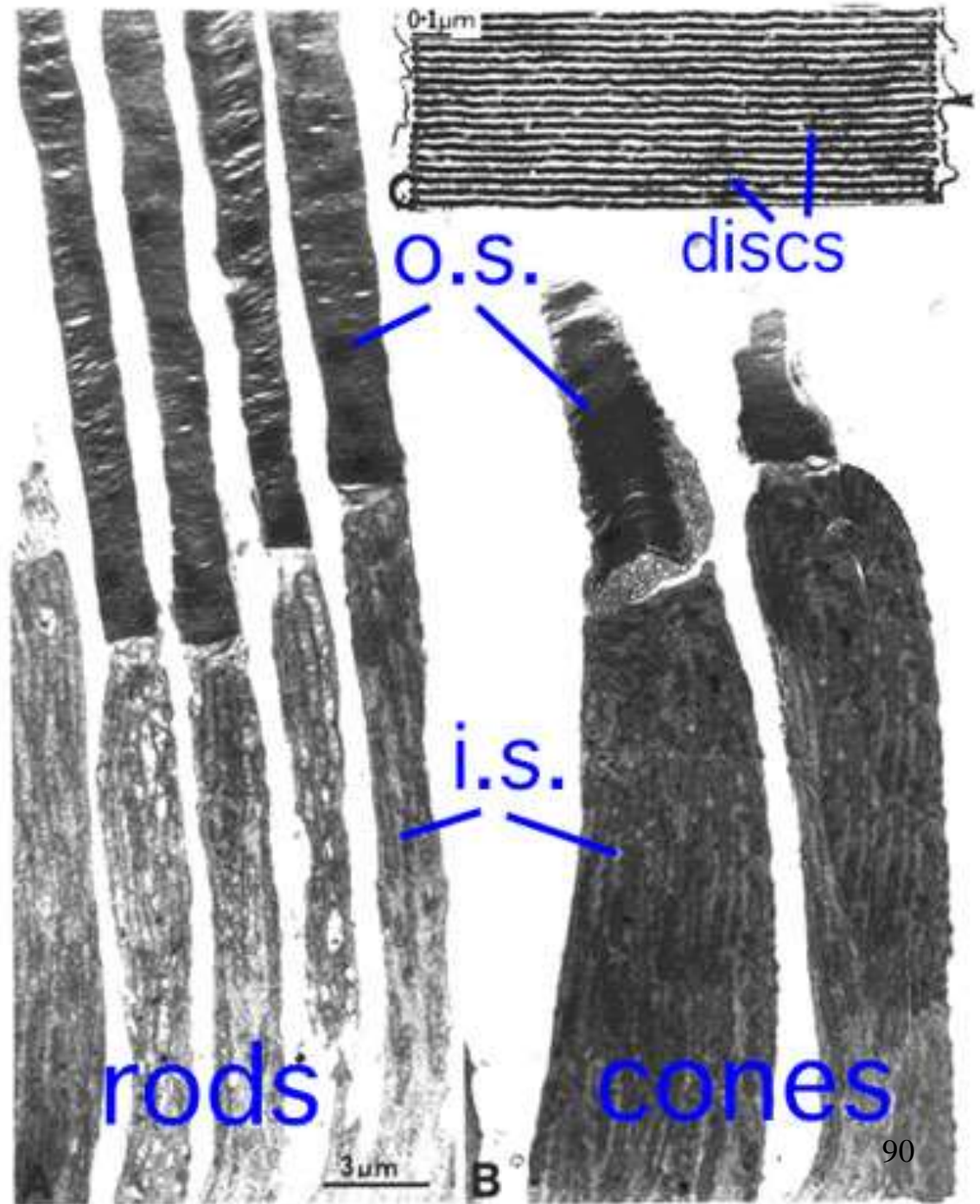


Kétféle fotoreceptorsejt (duplicitás-elmélet)

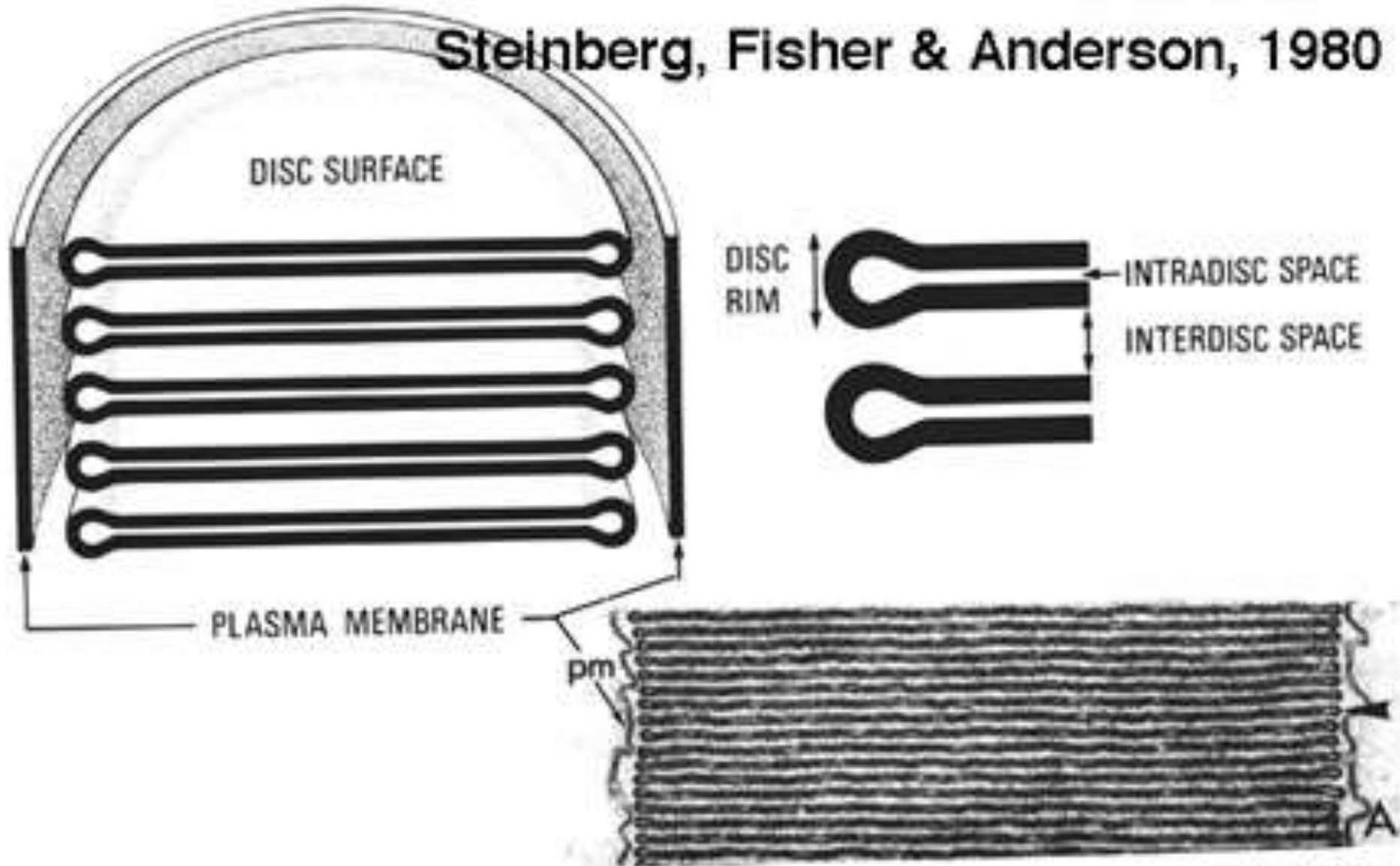


Pálcikák és csapok
elektron
mikroszkópiája

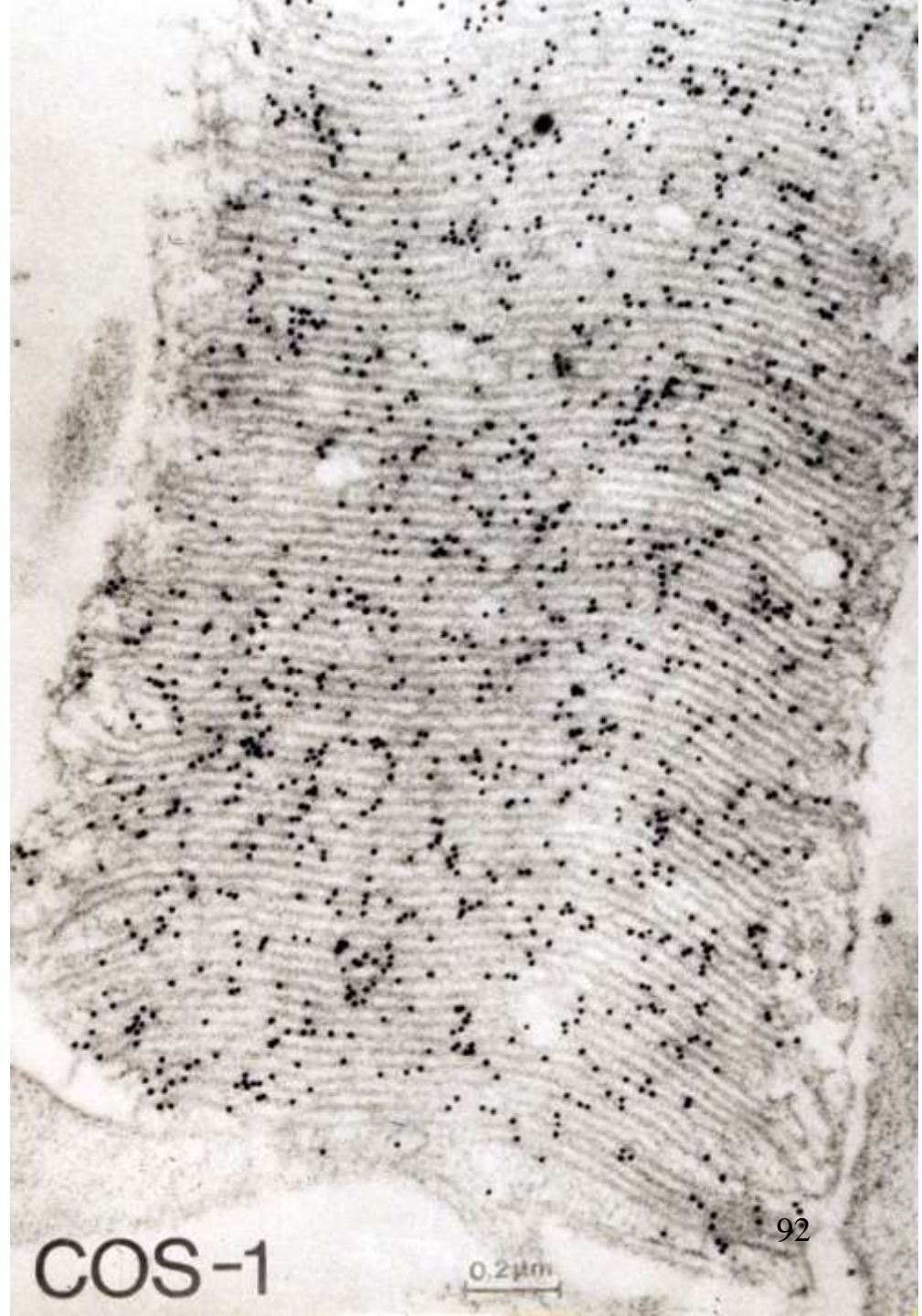
rods – pálcikák
cones – csapok
o.s. – kültag
i.s. – beltág
discs - korongok



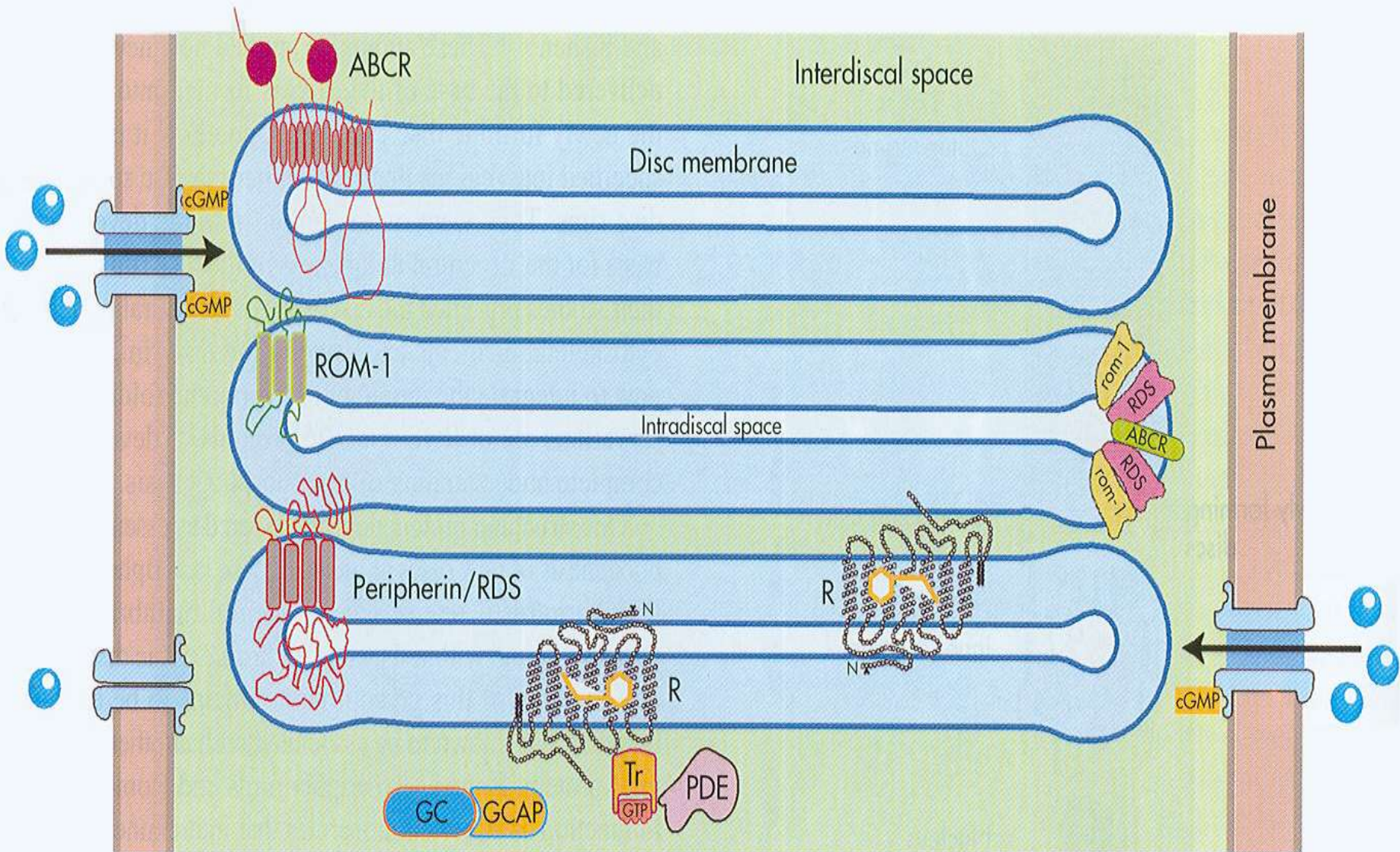
Steinberg, Fisher & Anderson, 1980

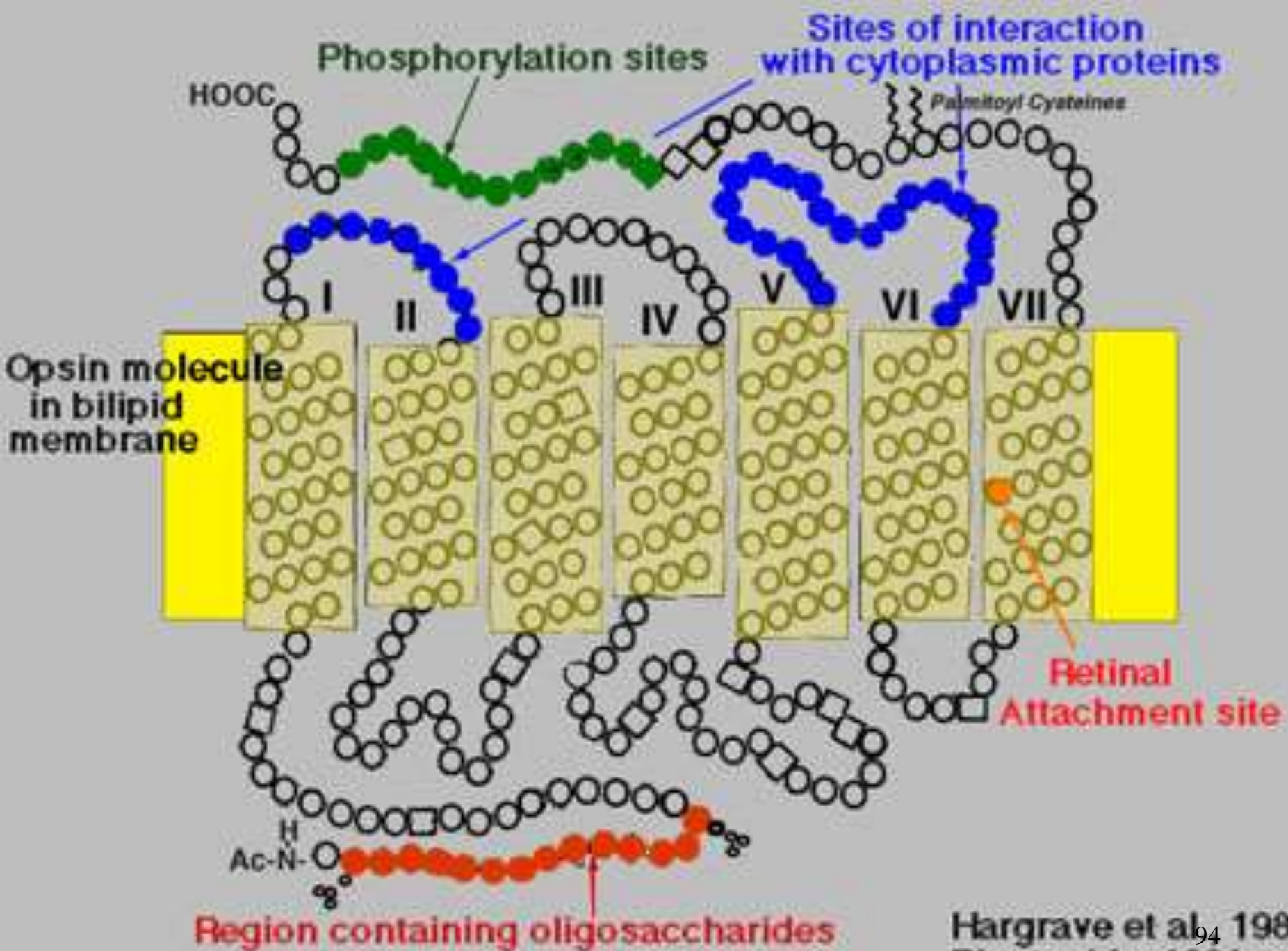


Elektronmikroszkópos
immuncitokémia. A fekete
pontok a korongmembránhoz
kötődő ellenanyagot (COS-1)
mutatják



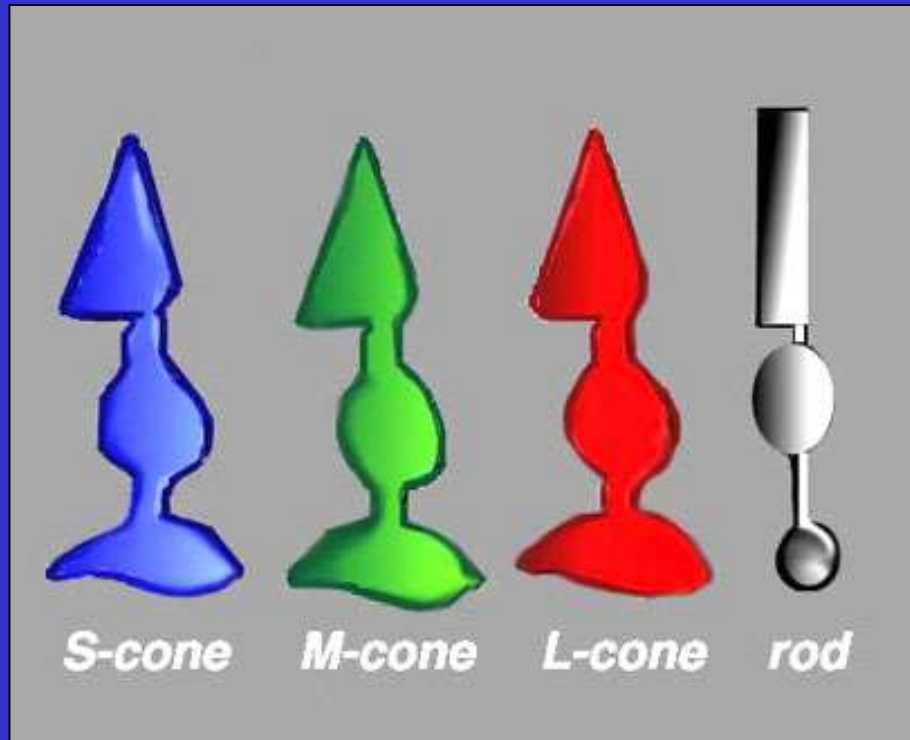
A kültag-membrán jellegzetes fehérjéi



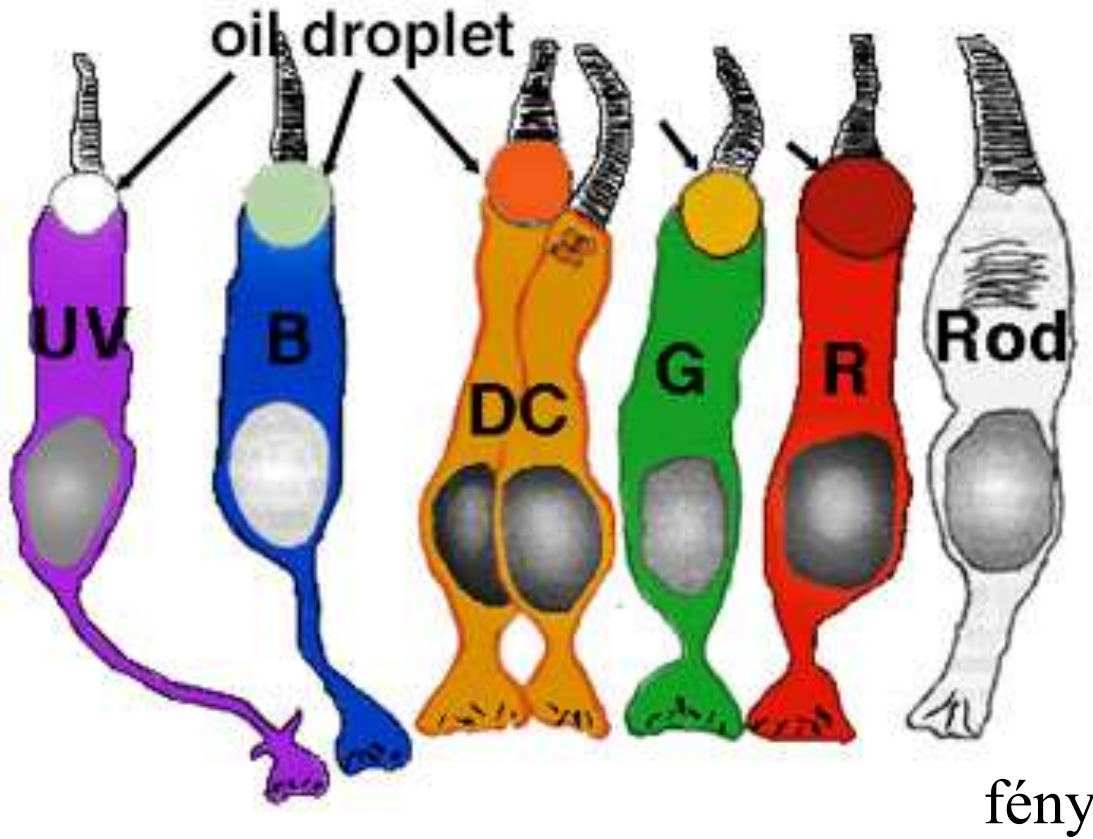


Hargrave et al. 1984
 Piantanida, 1991

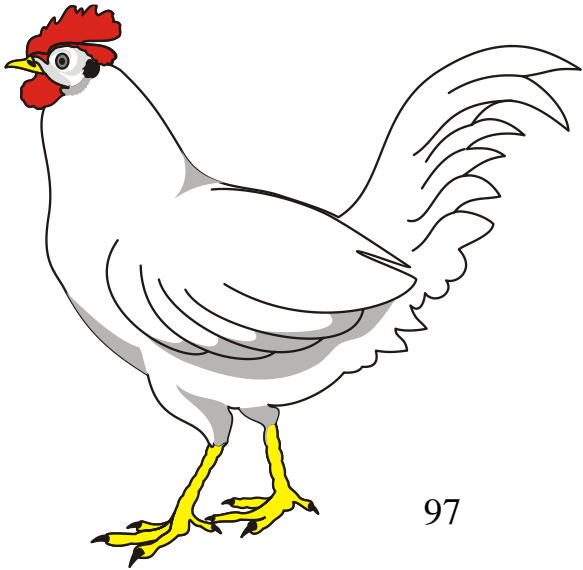
A főemlősök retinájában háromféle csapsejt és egy pálcikasejt fordul elő







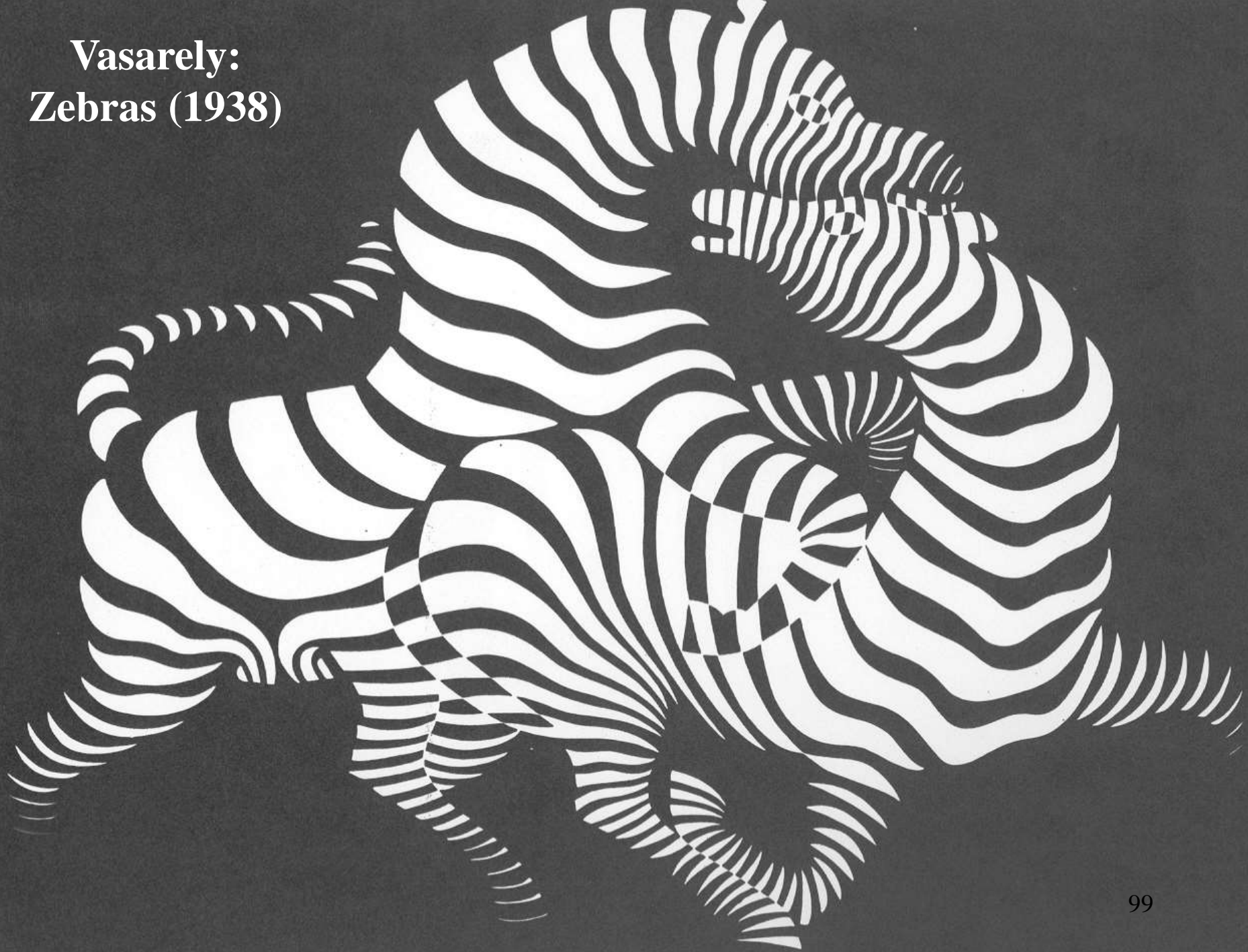
színes olajcseppek a csirke retinájában



Vasarely: Tigers (1938)



**Vasarely:
Zebras (1938)**



A színeslátás morfológiai alapjai (Young-Helmholtz elmélet)

photopic látás

Vörösérzékeny csapok (first): L 564–580 nm



Zöldérzékeny csapok (second): M 534–555 nm



Kékérzékeny csapok (third): S 420–440 nm



scotopicus

Pálcikák

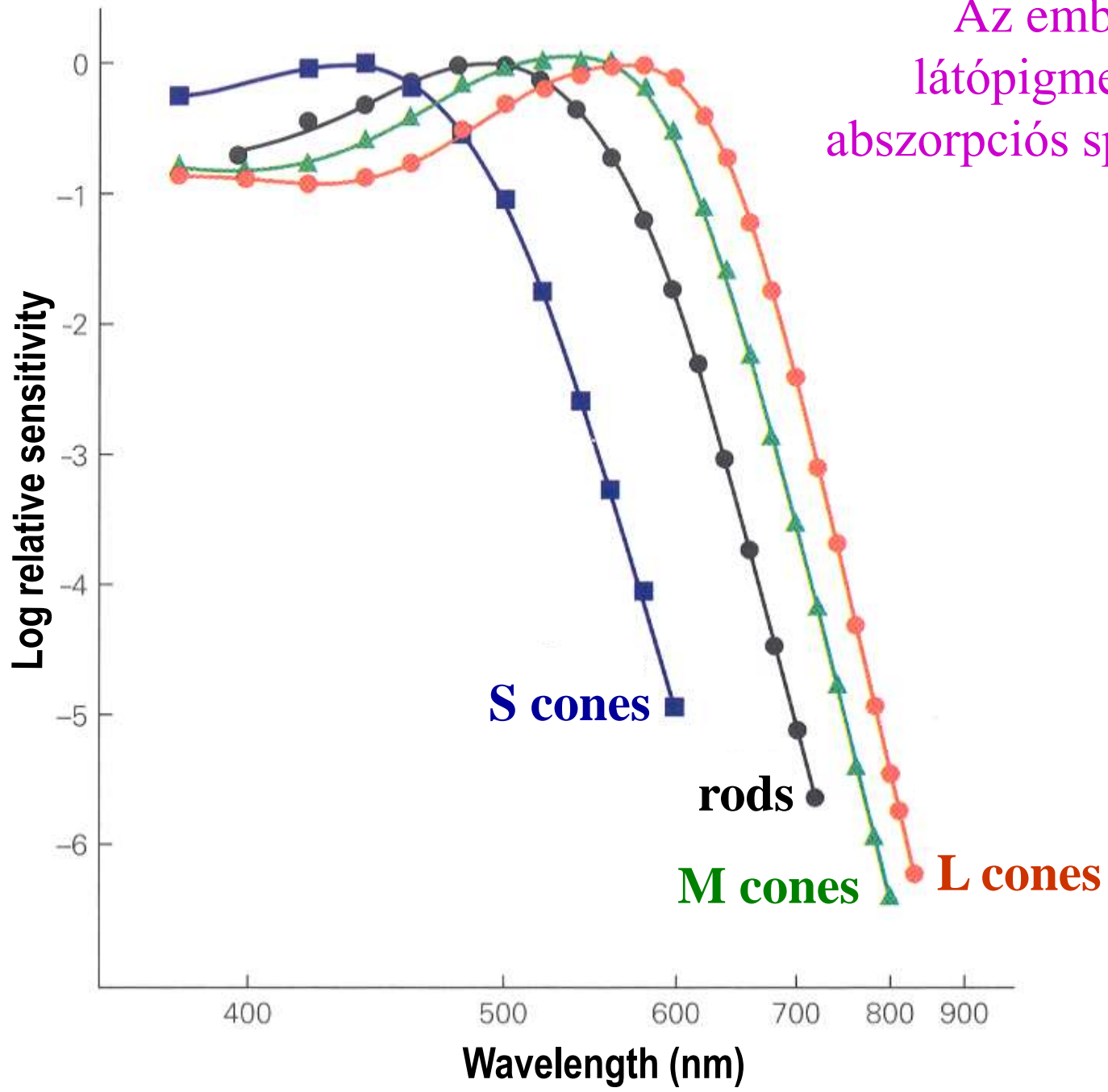
R 525–535 nm



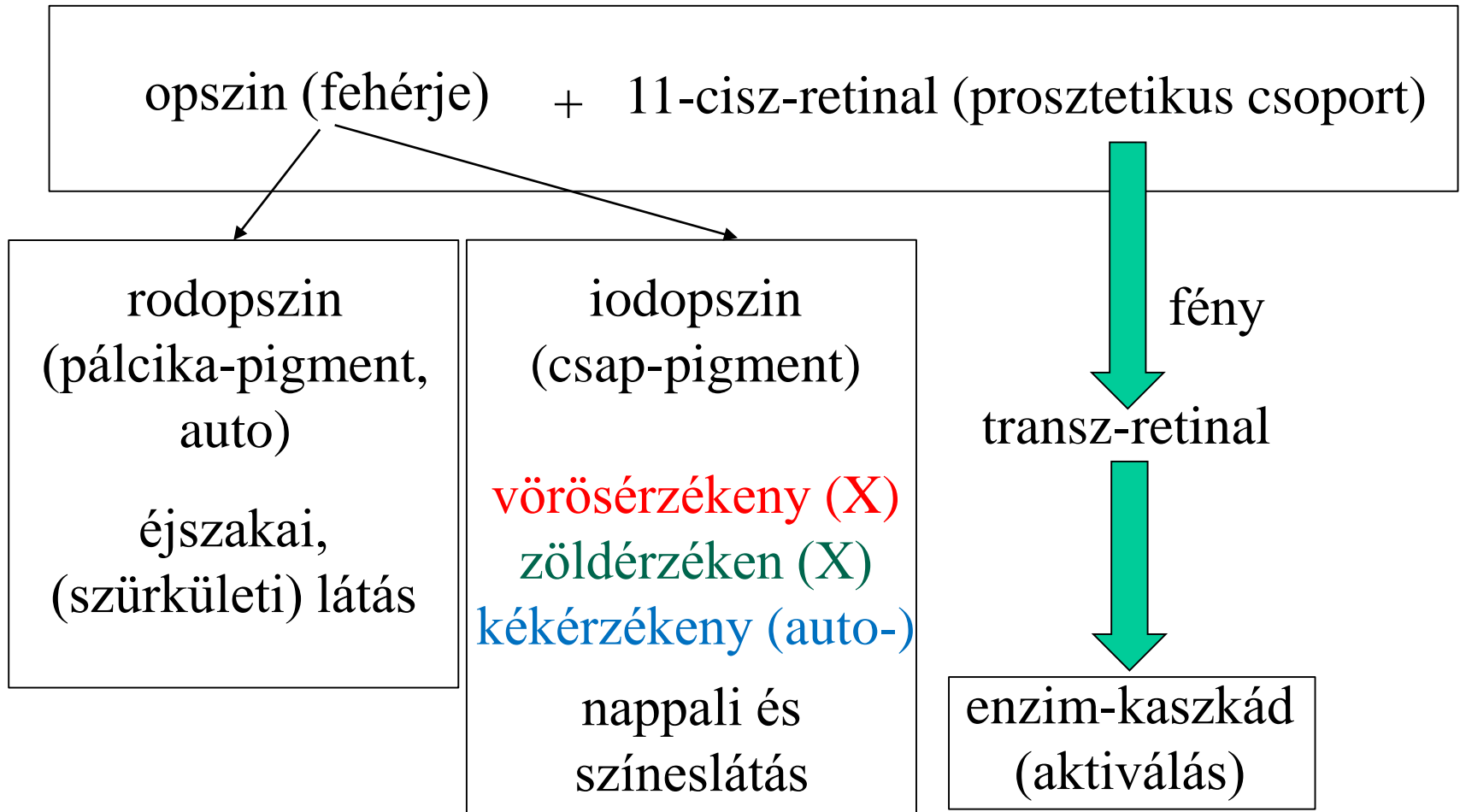
3 szín (trikromatikus színlátás)

8-10 millió színárnyalat megkülönböztetése

Az emberi
látópigmentek
abszorpciós spektruma



Látópigment (7-TM)



A színtévesztés fajtái

Protanopia (első szín kiesése, nincs piros):

L



Deuteranopia (második szín kiesése, nincs zöld):

M



Tritanopia (harmadik szín kiesése, nincs kék):

S

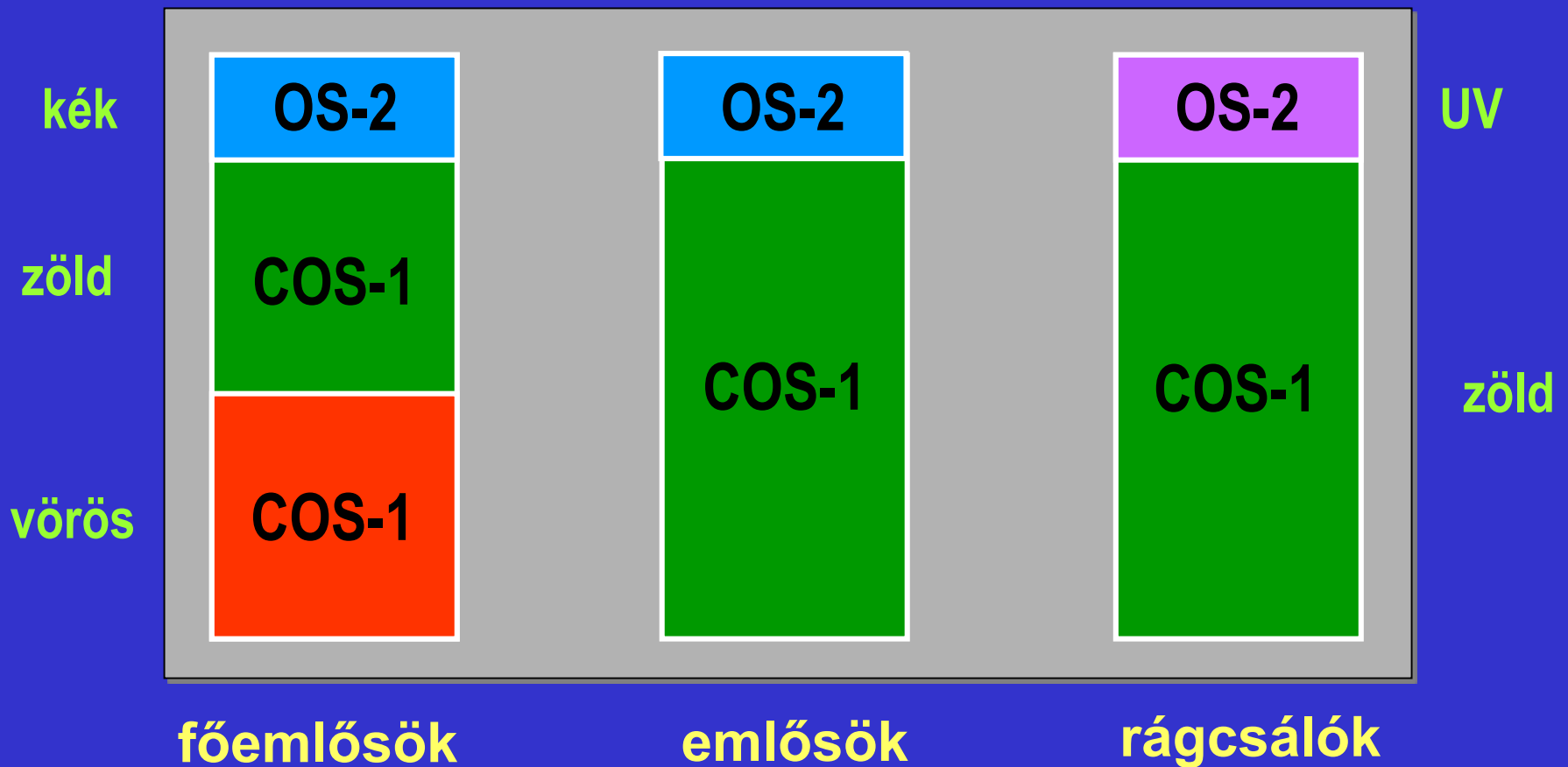


Achromatopsia (nincs csap-pigment, csak rhodopsin)



Az emlős retina immuncitokémiai analízise

Látópigmentek immunocitokémiai megkülönböztetése

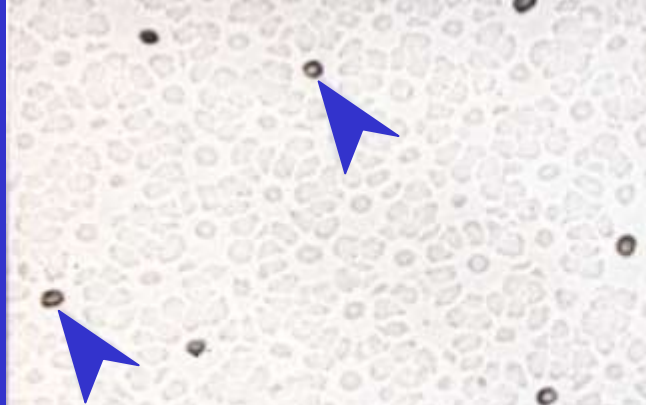


Emlős retina

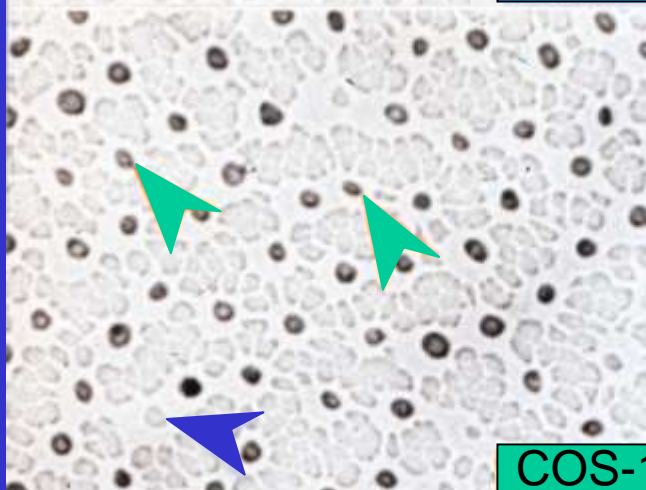
Tangenciális metszetek

Fotoreceptor-mozaik

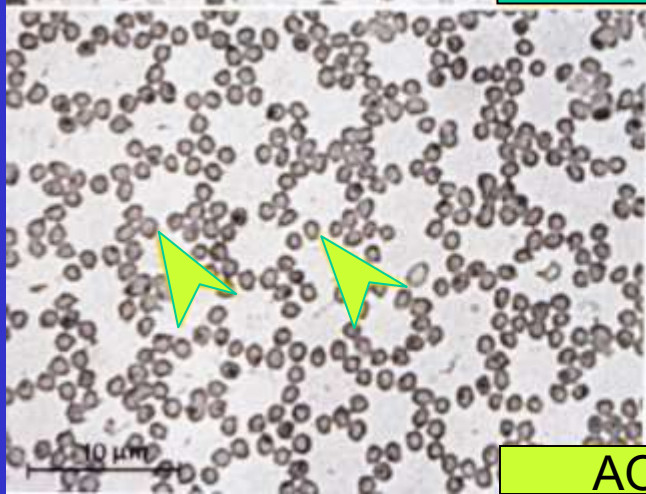
(a retina síkjával párhuzamos metszetek)



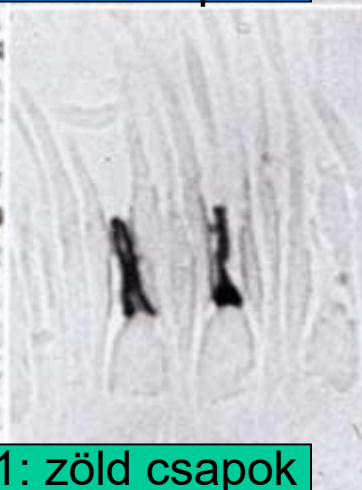
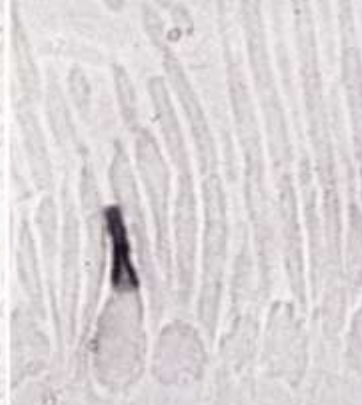
OS-2: kék csapok



COS-1: zöld csapok



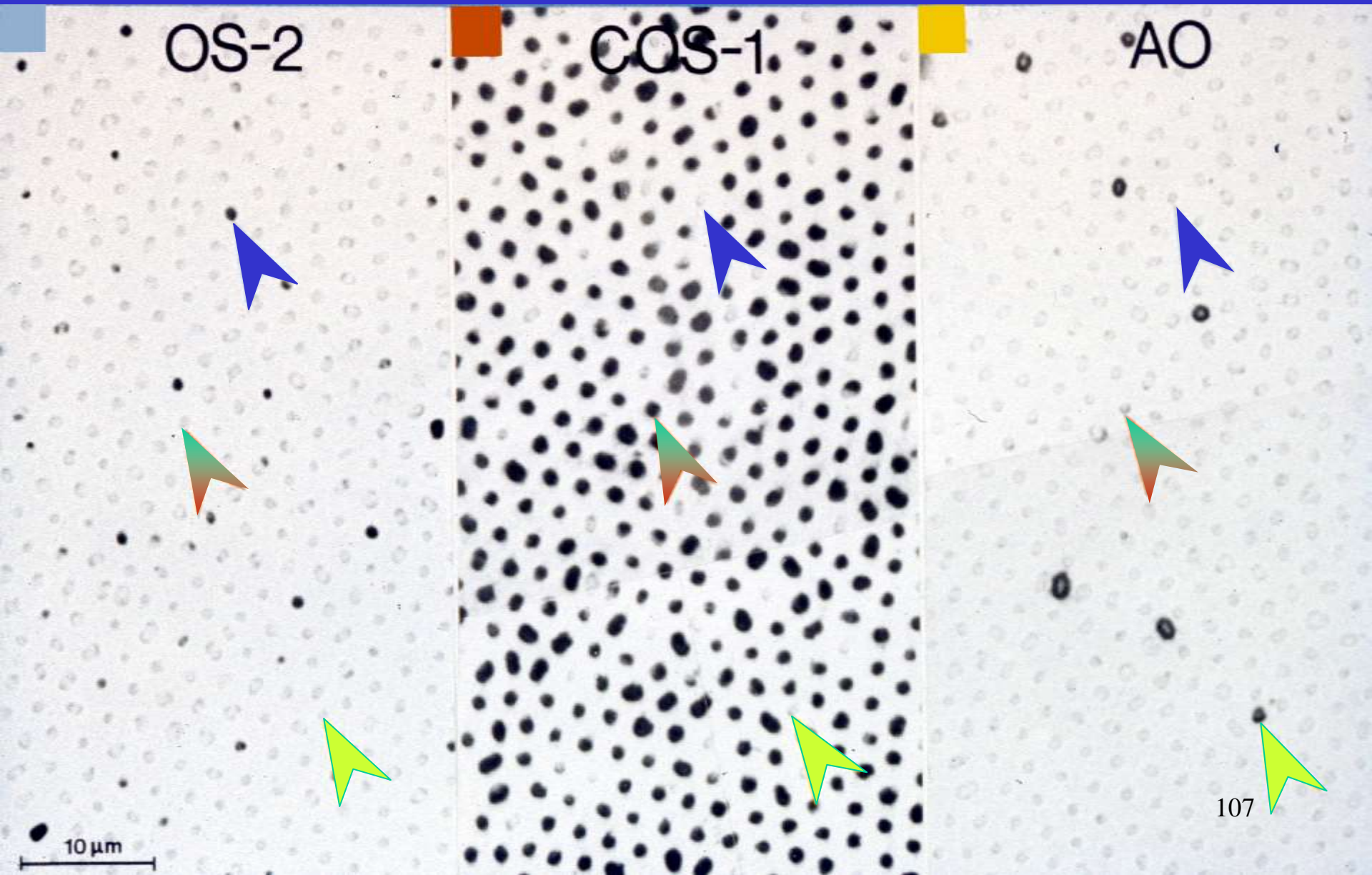
AO: pálcikák



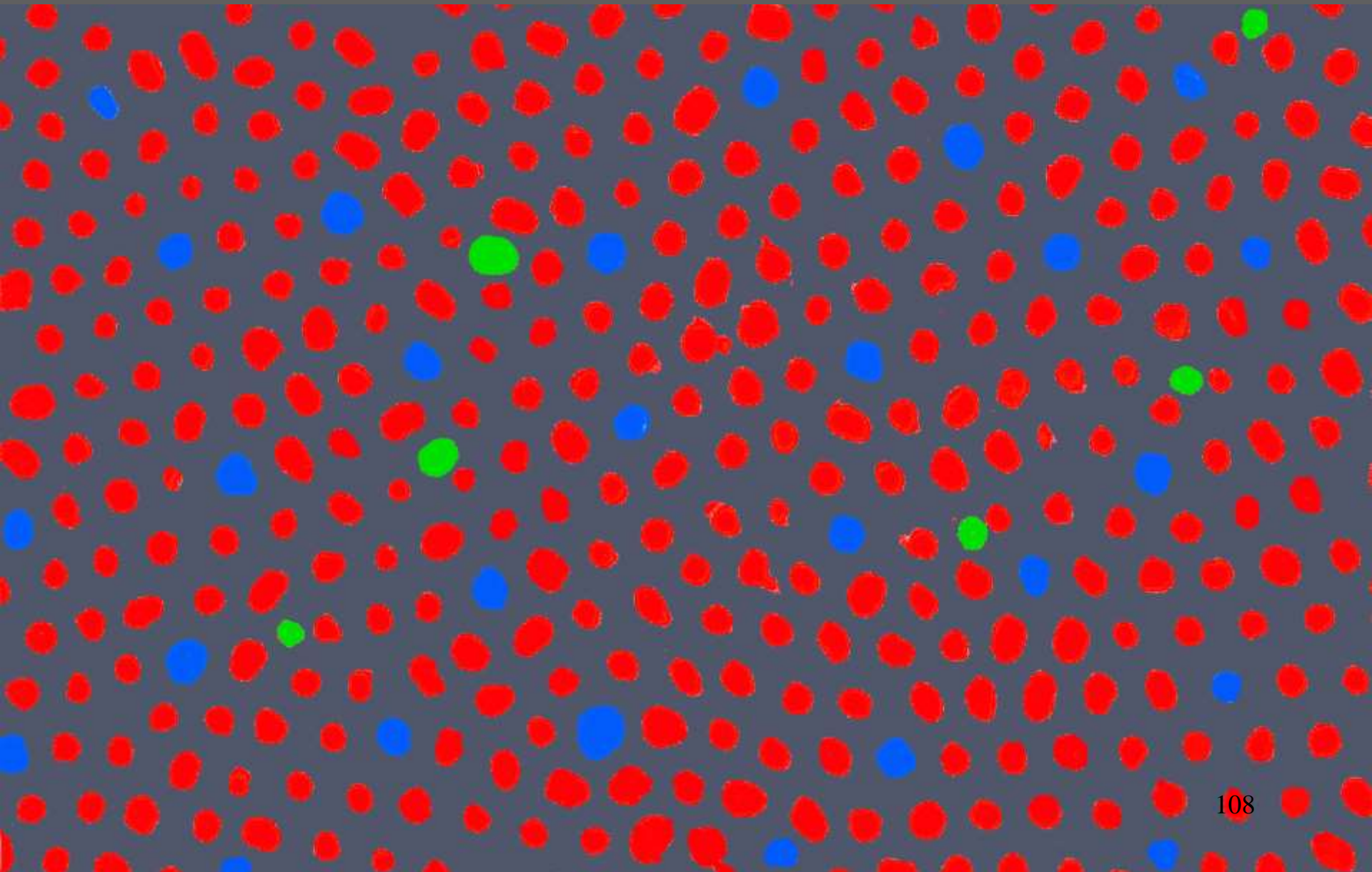
Radiális metszetek

(a retina síkjára merőleges metszetek)

Sorozatos tangenciális fovealis metszetek



A fovealis fotoreceptor-mozaik



Normális (trikromatikus) látás



**Csapnélküli (pálcika-) látás
Teljes színvakság (achromatopsia)**

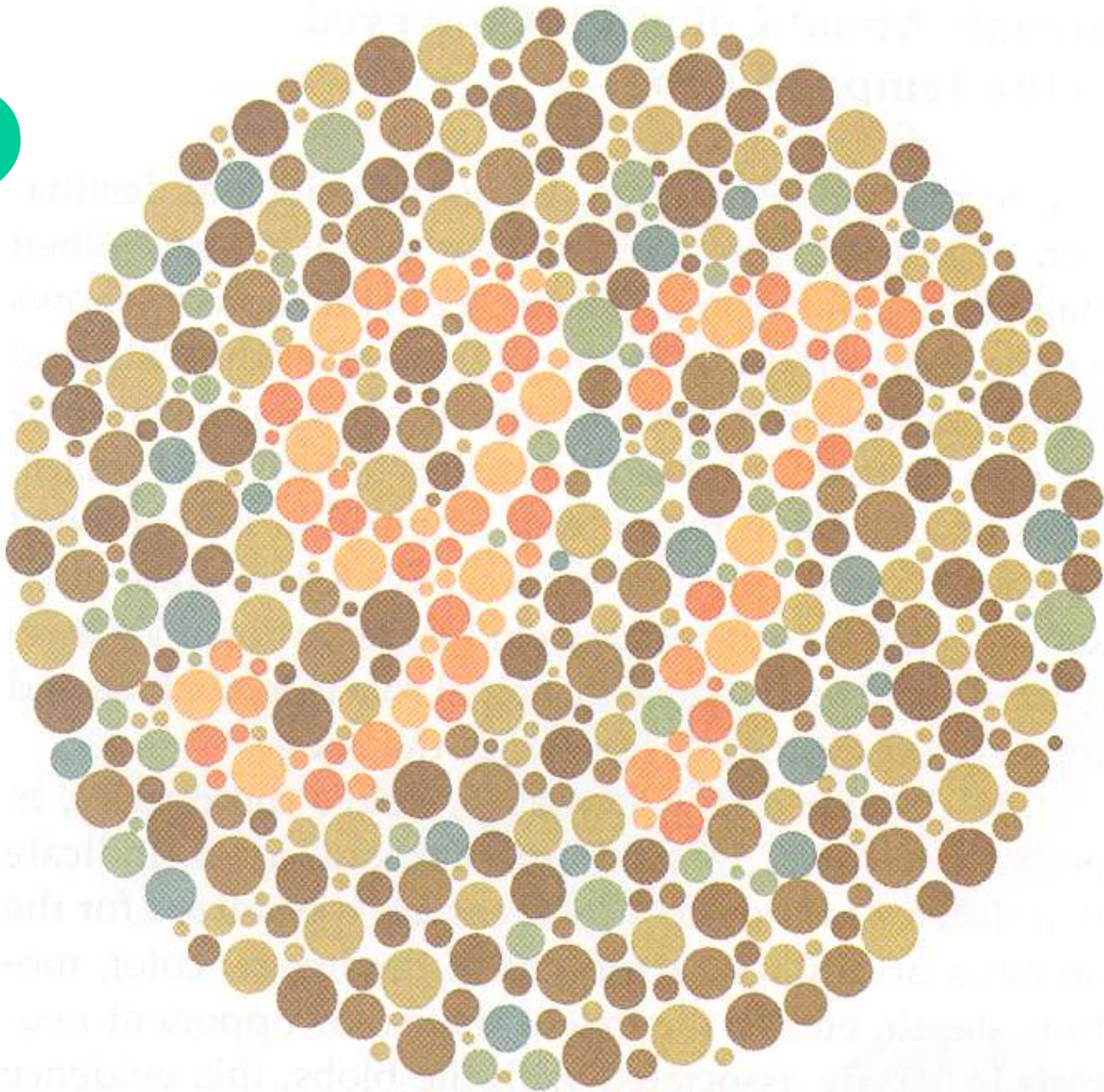


**Dikromatikus látás (emlősökben)
protanopia (vörösérzékenység hiánya)**

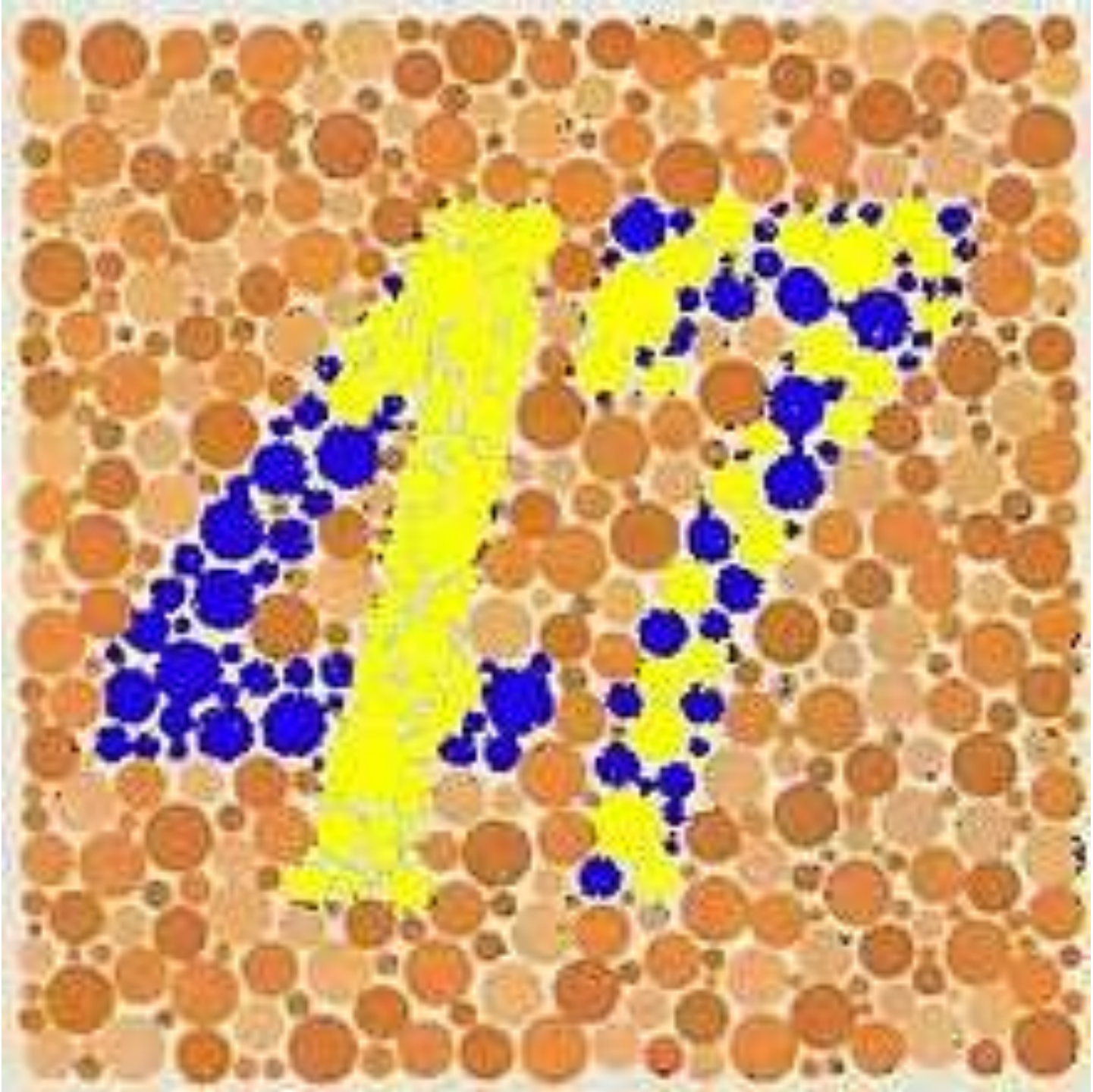


Kékérzékeny receptorok nélküli látás (tritanópia)

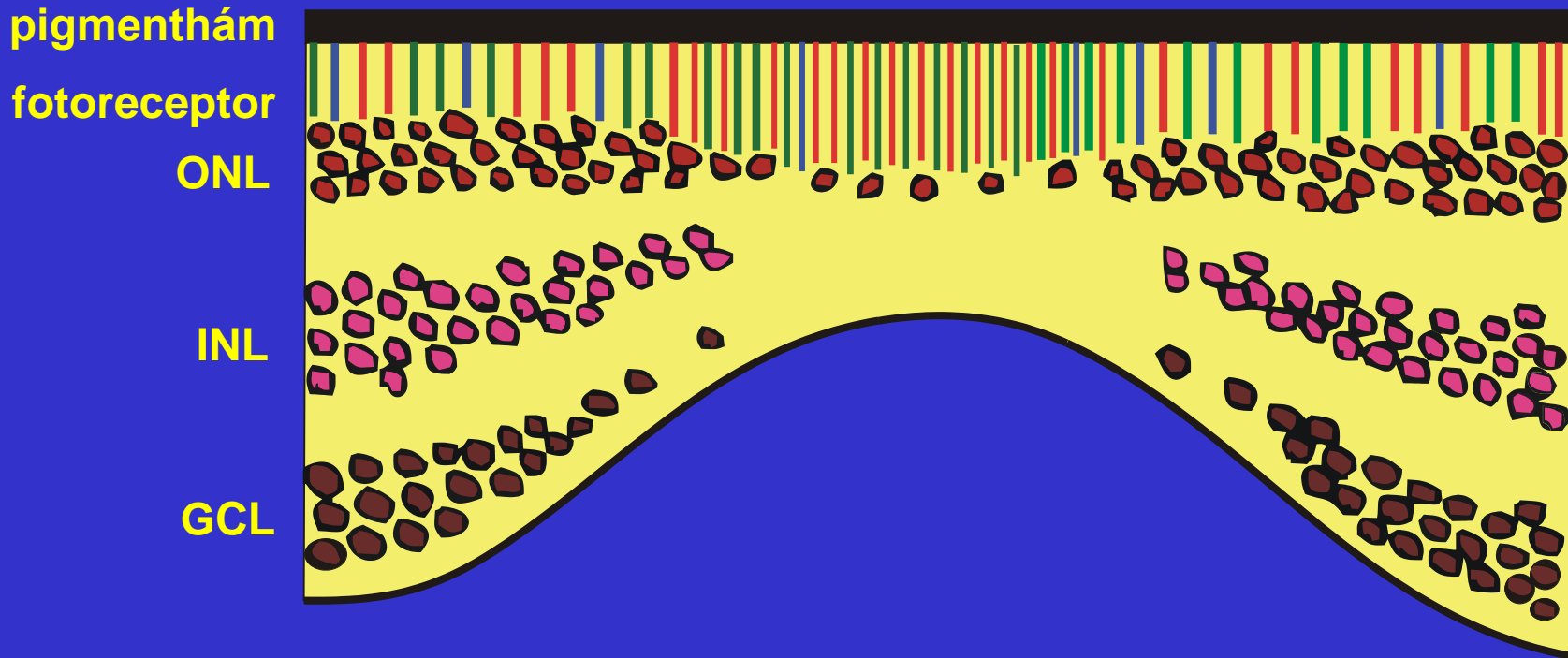








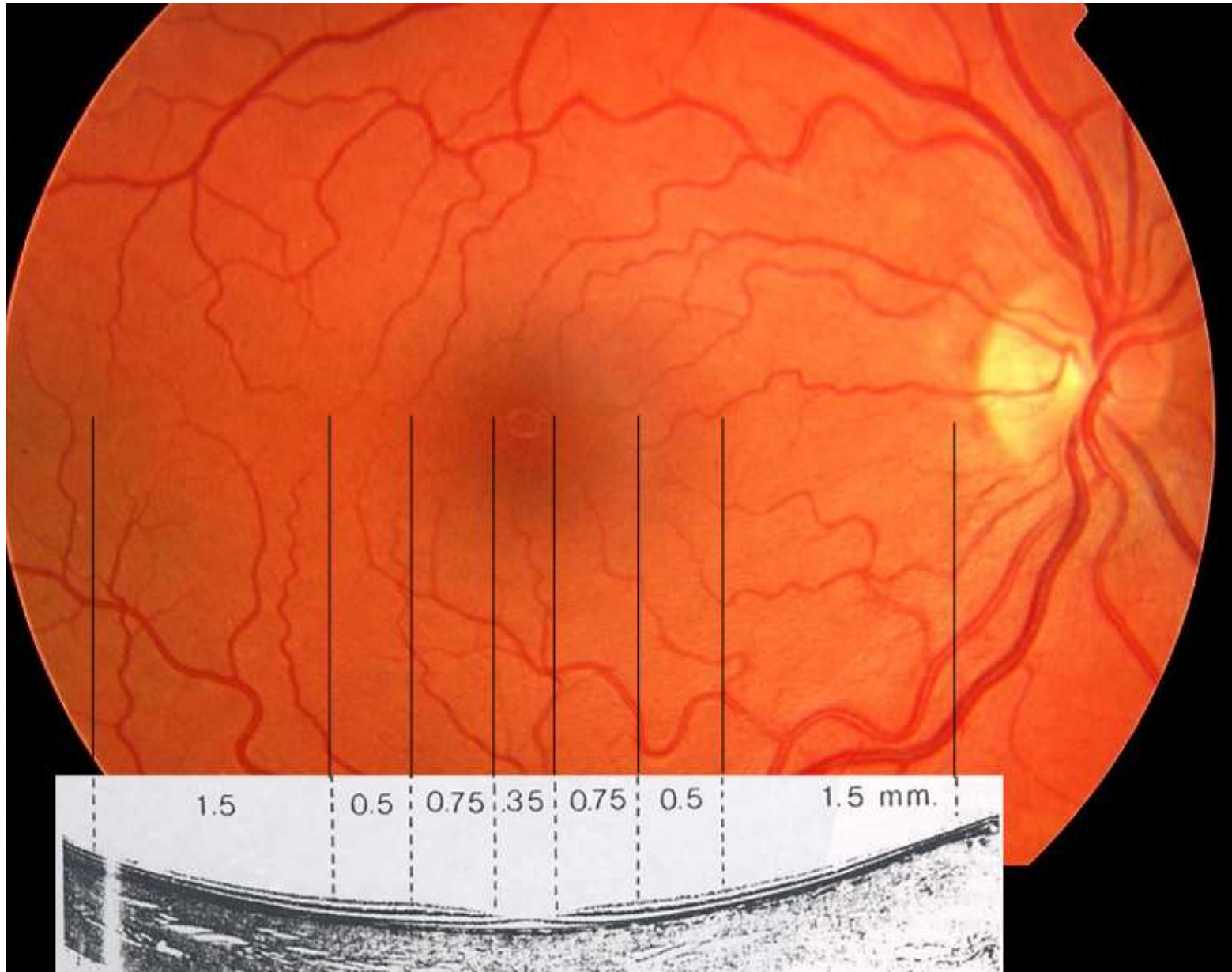
A fovea centralis rétegződése



fovea centralis

Távolságok

látóidegfő



Alapfogalmak

Fovea centralis (1,5 mm)

Foveola (0,35 mm)

V

S

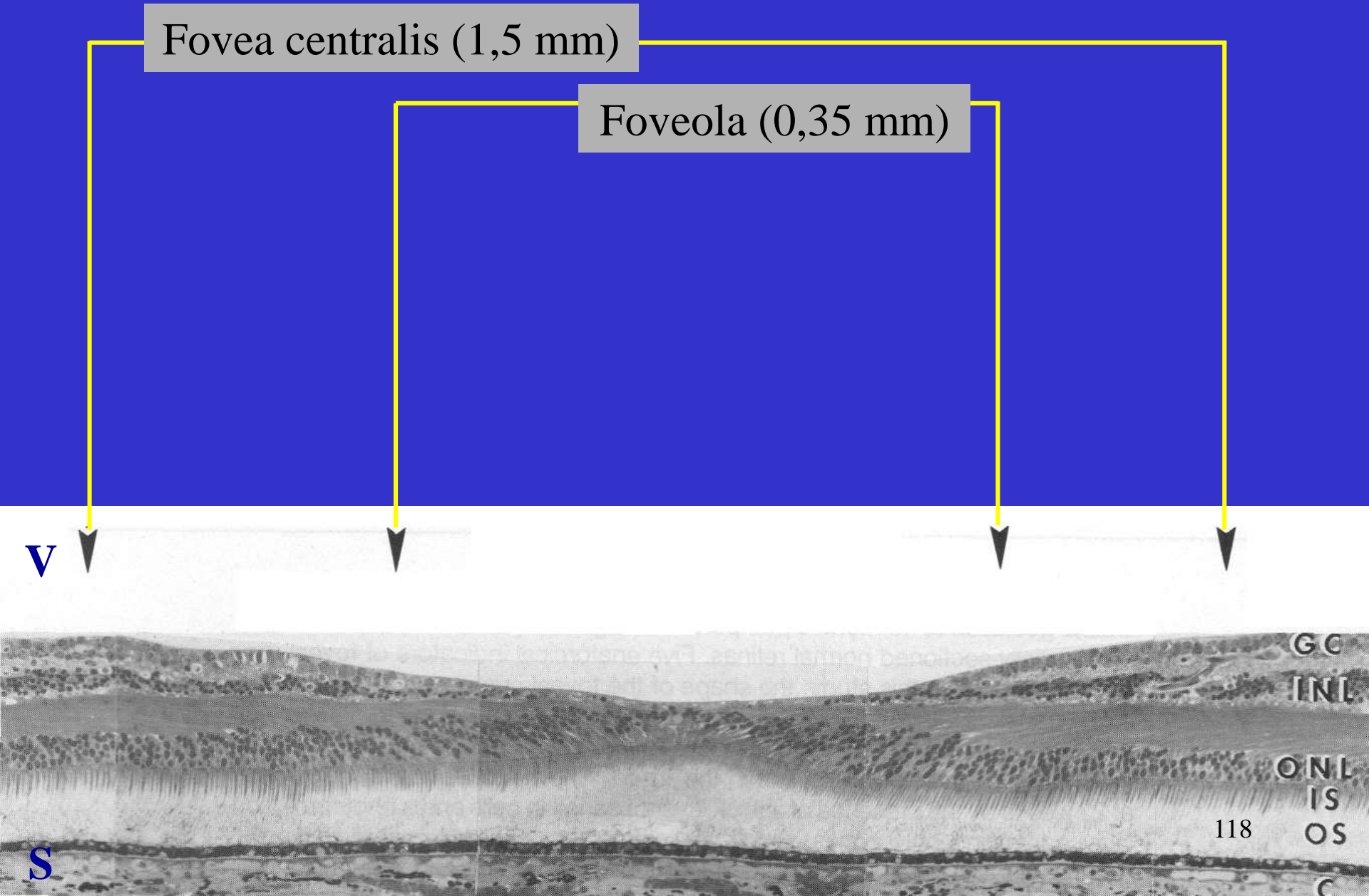
GC

INL

ONL

IS

OS



Foveola

A fovea központi része, ahol minden fotoreceptor csap (d: 0,35 mm)

Fovea centralis

Bemélyedés, amelyet az INL és a GCL rétegek elvékonyodása okoz (legnagyobb csapsűrűség helye, d: ca. 1,5 mm, 5°)

Macula lutea

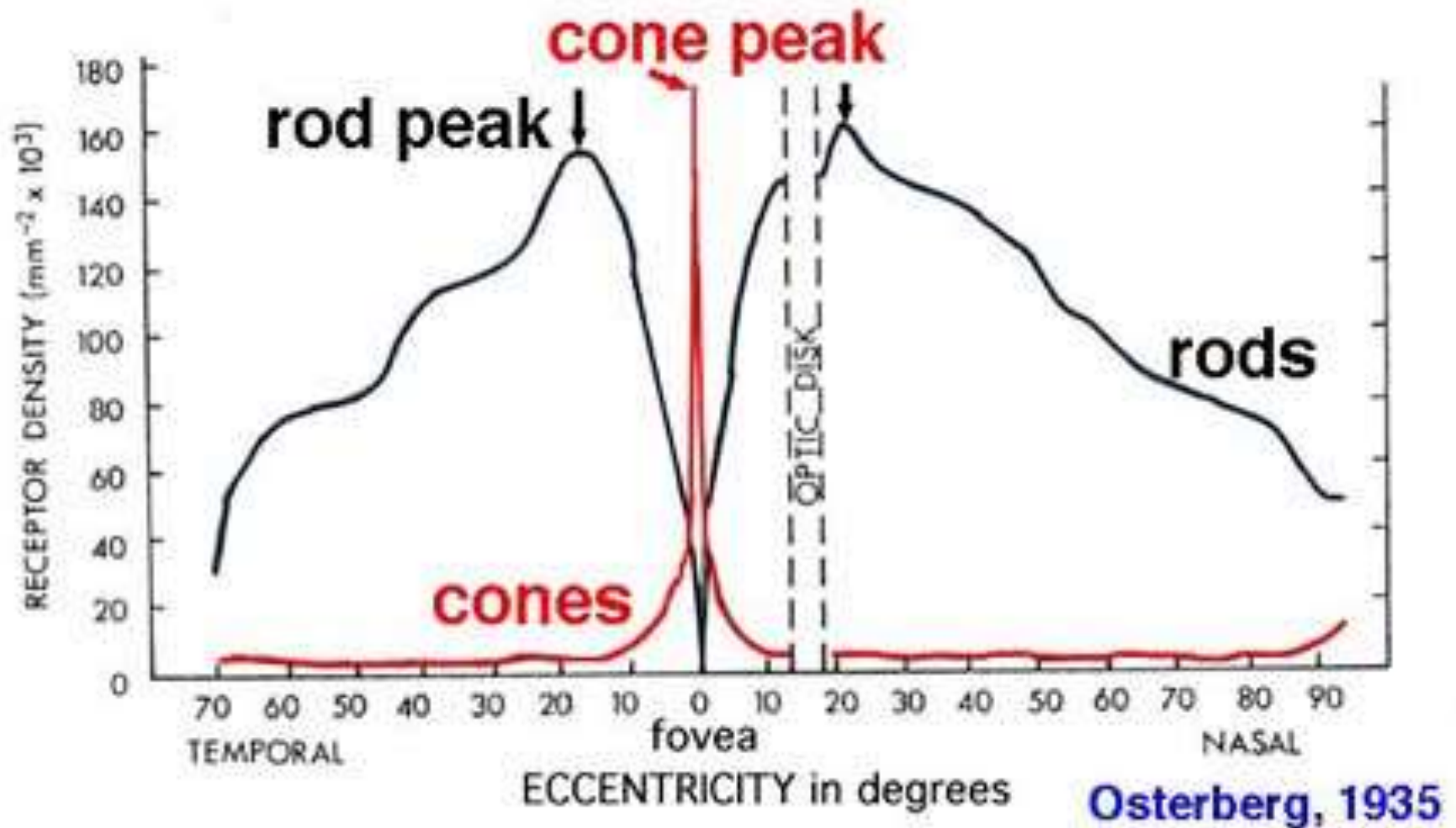
Klinikum: az ér-árkád közepén elhelyezkedő terület (sárga pigment a Henle kacsok rétegében)

Szövettan: az a terület, ahol a ganglionsejtek több mint egy réteget alkotnak (d_{hor} : 2 mm, d_{vert} : 1 mm)

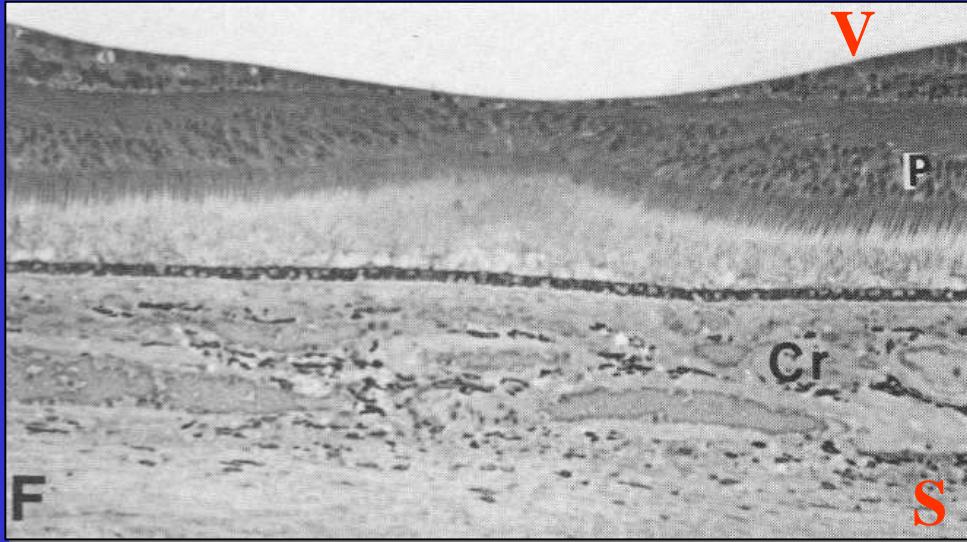
Area centralis

A pálcikasűrűség kezd emelkedni („rod-ring”, d: 3-4 mm)¹¹⁹

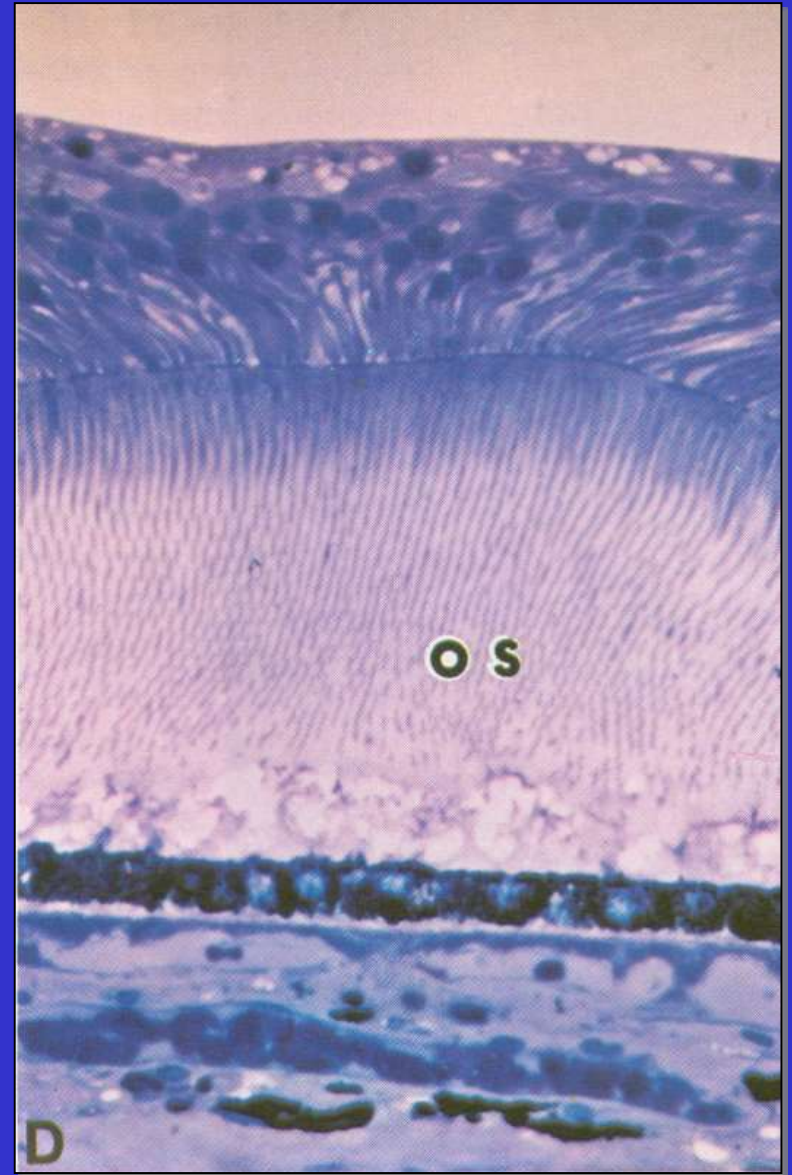
A fotoreceptorok topográfiája



Felnőtt



A csapok beltagja keskenyebb,
kültagja hosszabb.

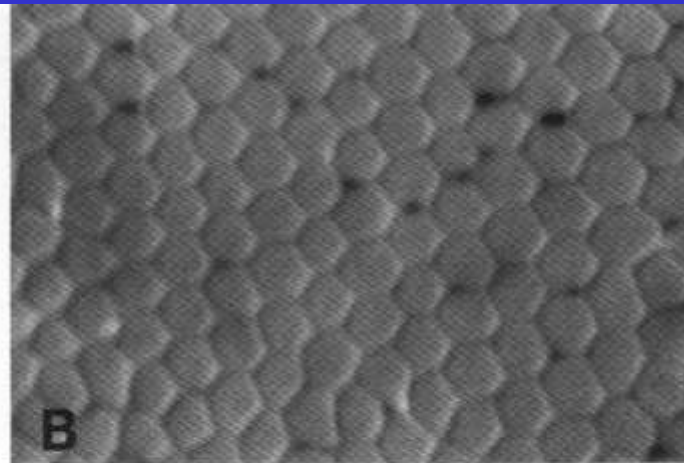
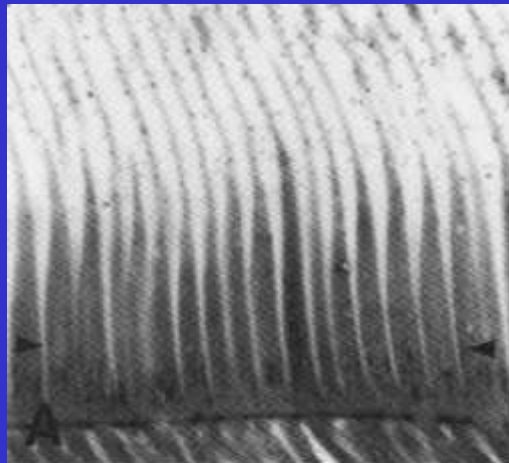


A humán foveális és perifériás fotoreceptorok összehasonlítása

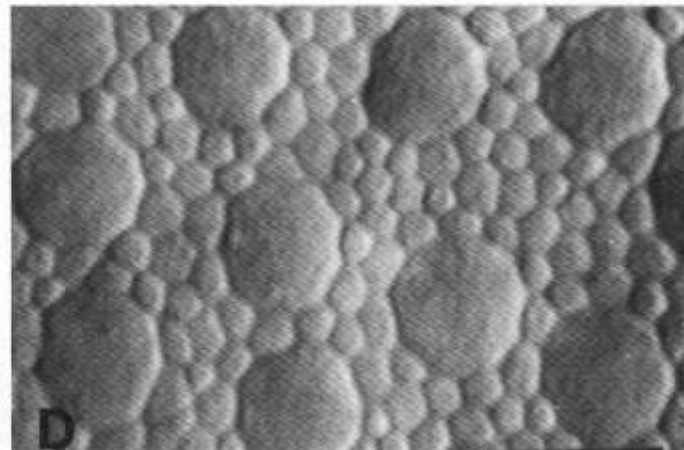
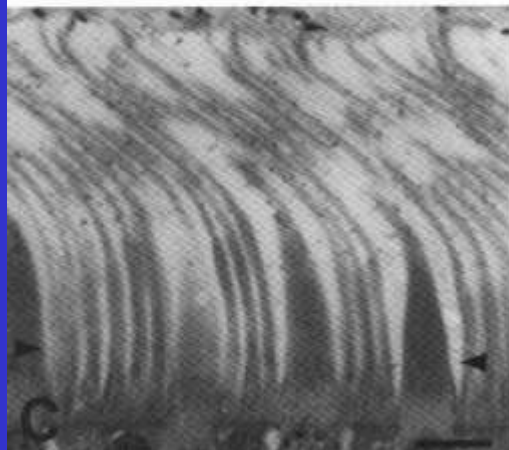
radialis metszet

receptor-mozaik

fovea

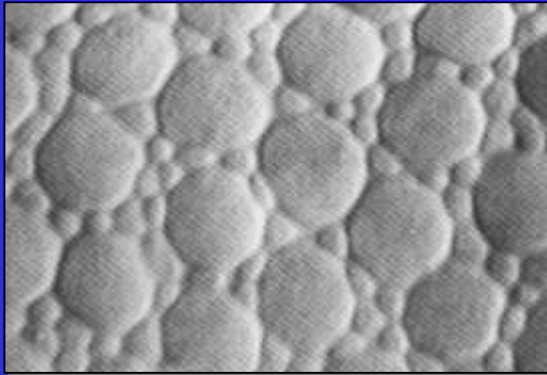


periféria

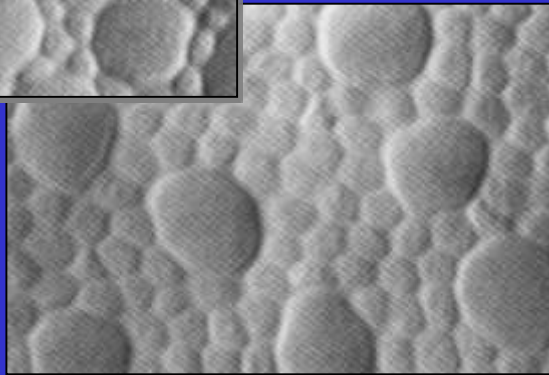


A csapok és pálcikák arányának változása a foveától mért távolság függvényében

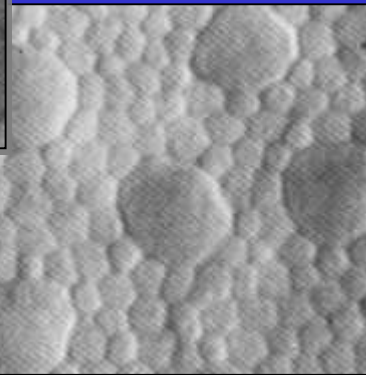
1,35 mm



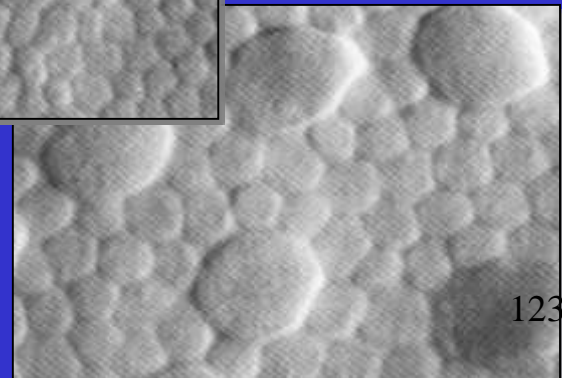
5 mm



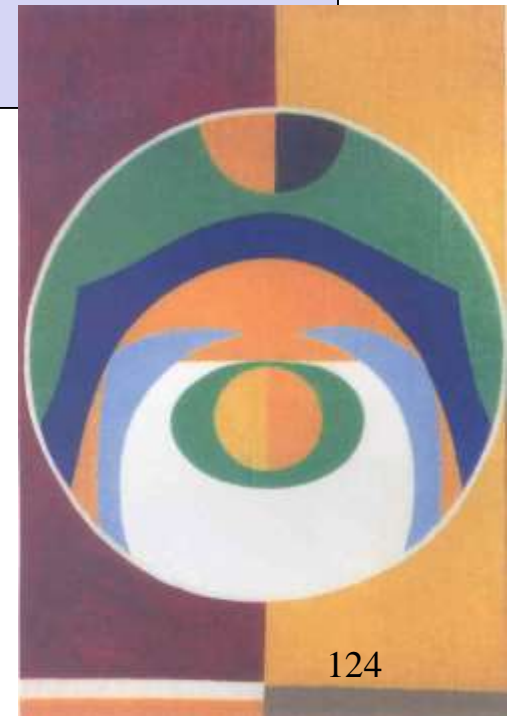
8 mm

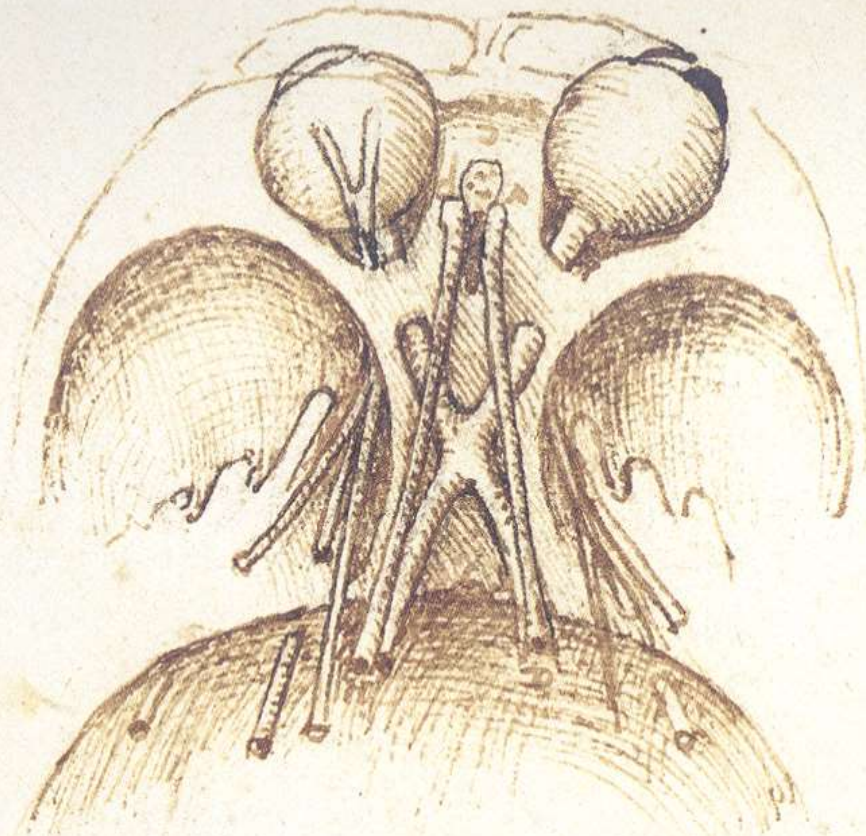
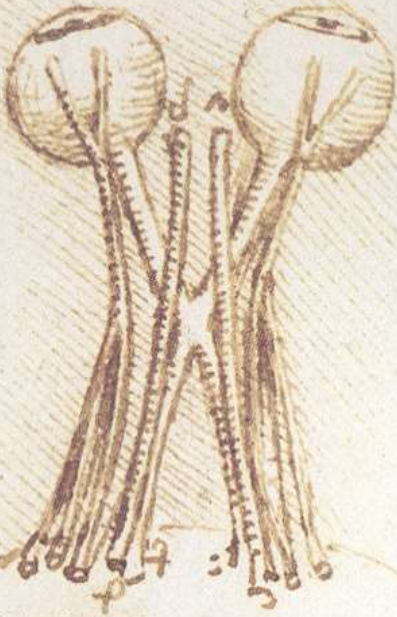


16 mm



3. Központi mechanizmusok





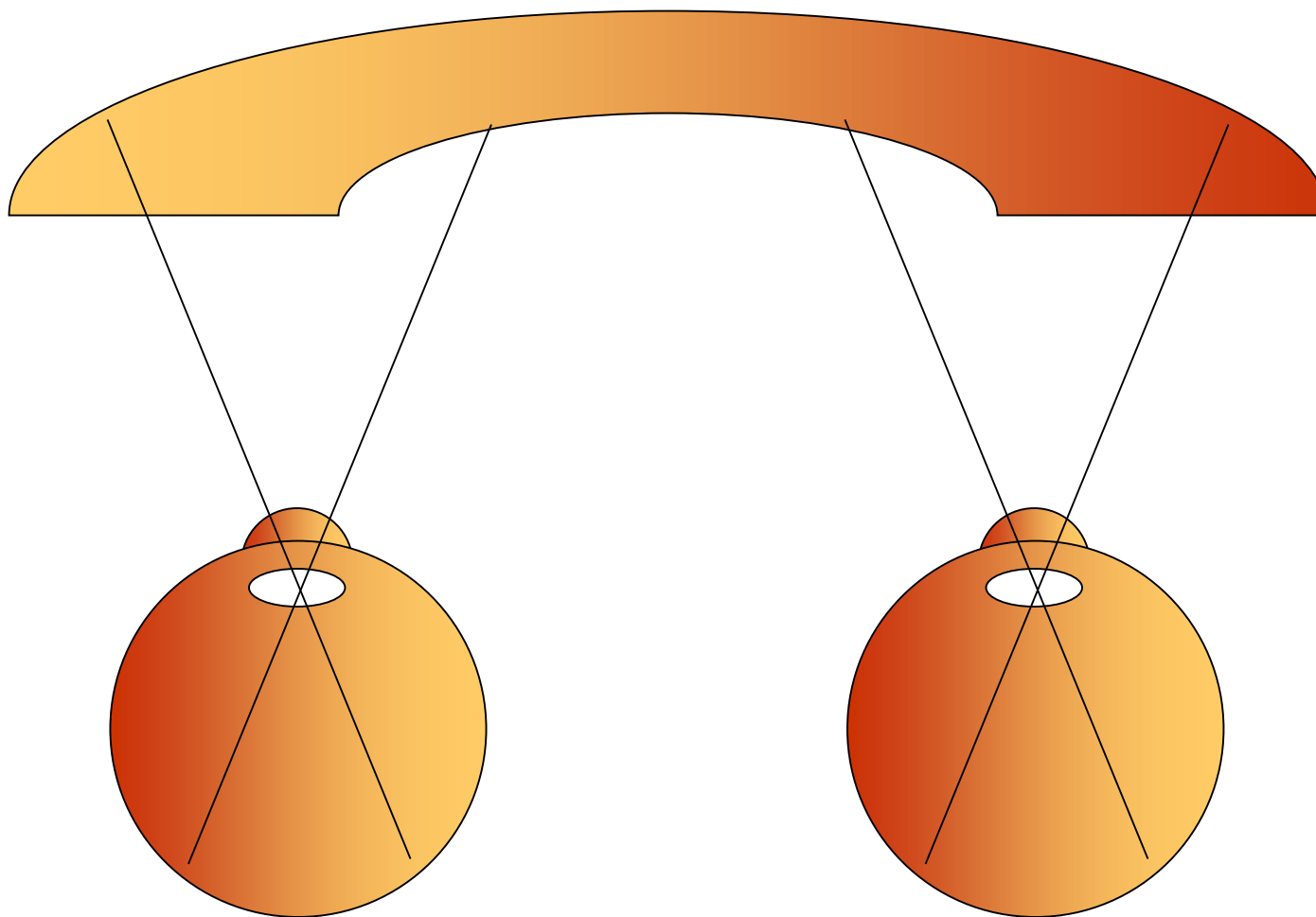
וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ
 וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ

וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ
 וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ

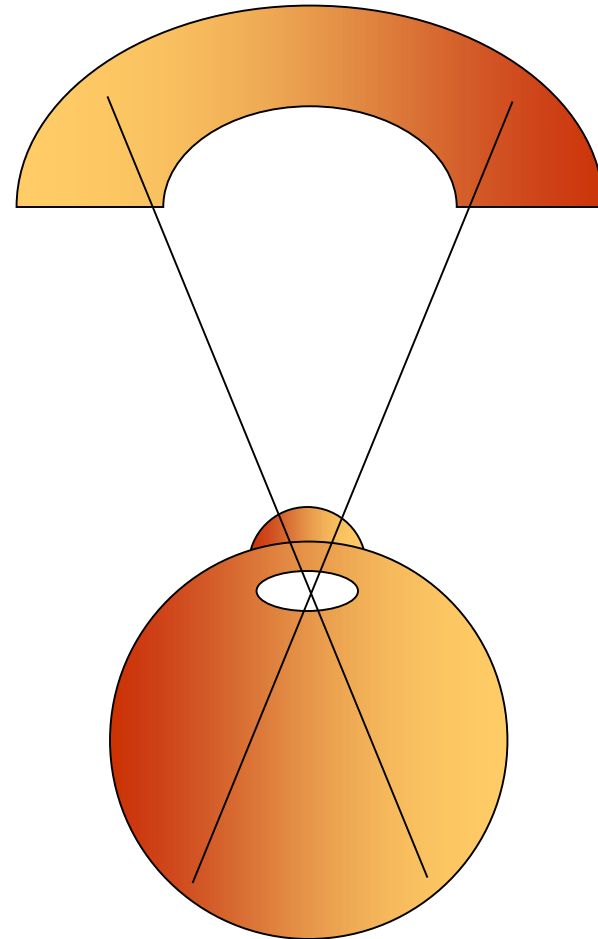
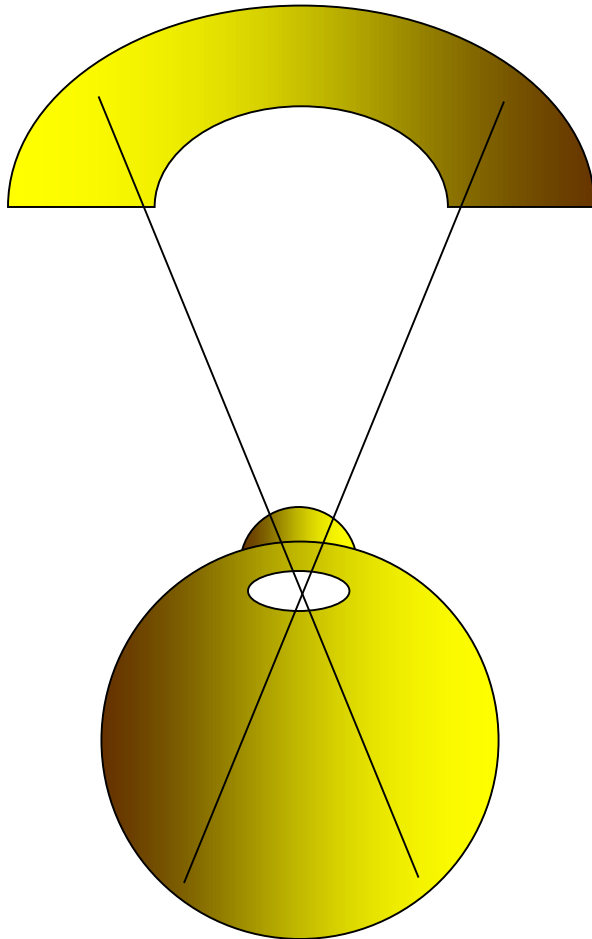
וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ
 וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ

וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ
 וְהָיָה כִּי יִשְׁמַע
 ה' אֱלֹהֵינוּ

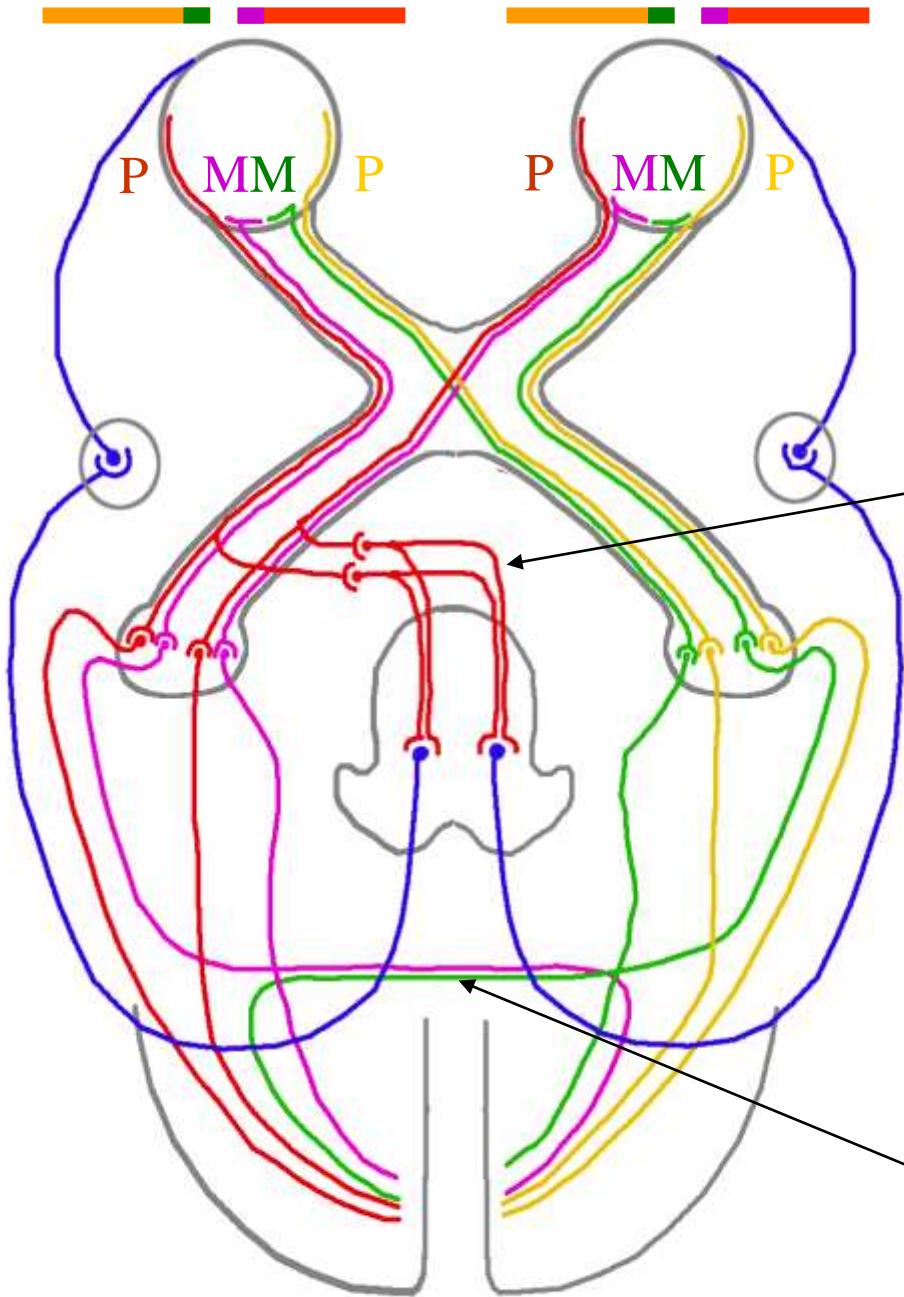
A lencse fordított állású képet vetít (mindkét) retinára.



A két szemben a külvilágról két hasonló, de nem azonos kép keletkezik.



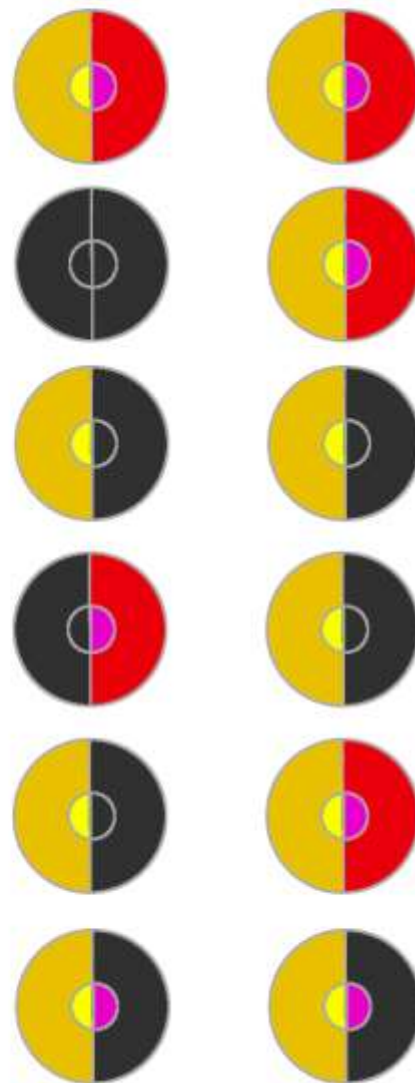
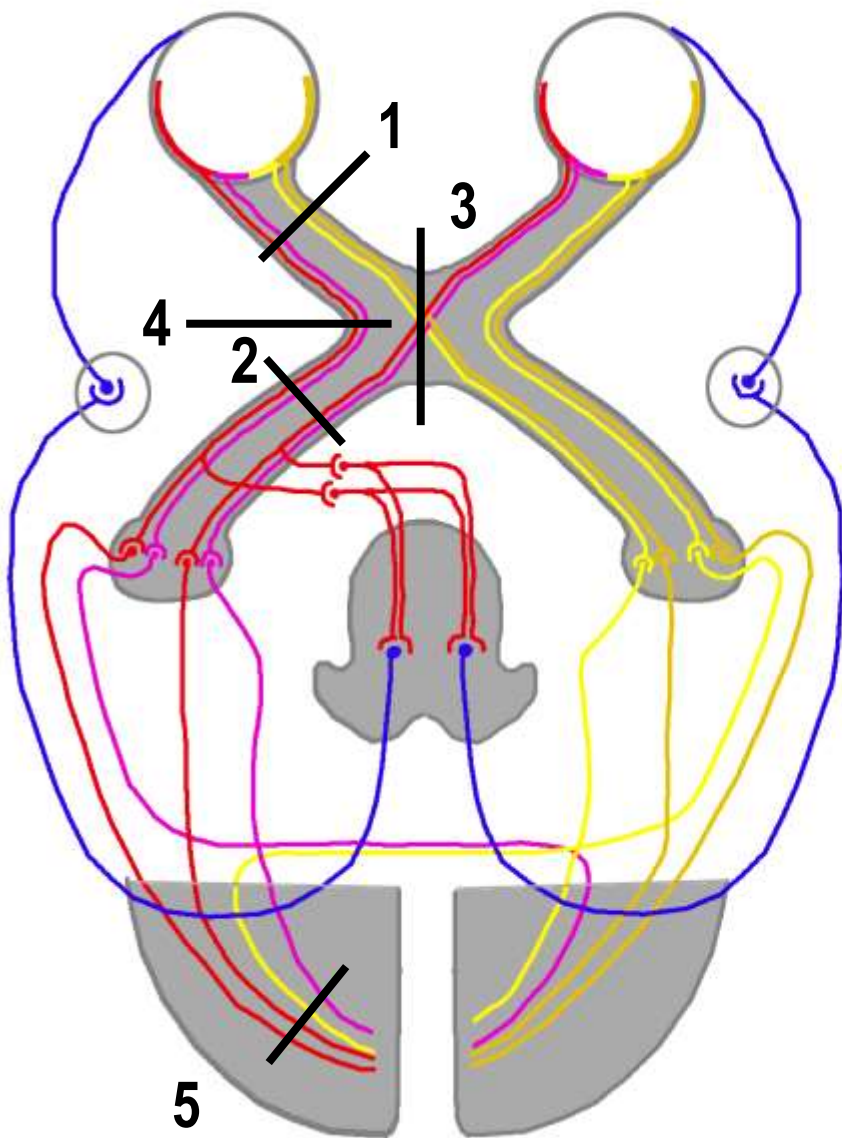
A látópálya



A ganglionsejtek axonjai a CGL előtt kollaterálisokat adnak le a mesencephalon felé (fényreflex-afferensek).

A macularis rostok egy része a CGL után kilép a radiatio optica területéről és át-kereszteződik.

Látótérkiesések neuropathológiája



Normális látóterek

1. Bal amaurosis
(anopsia)

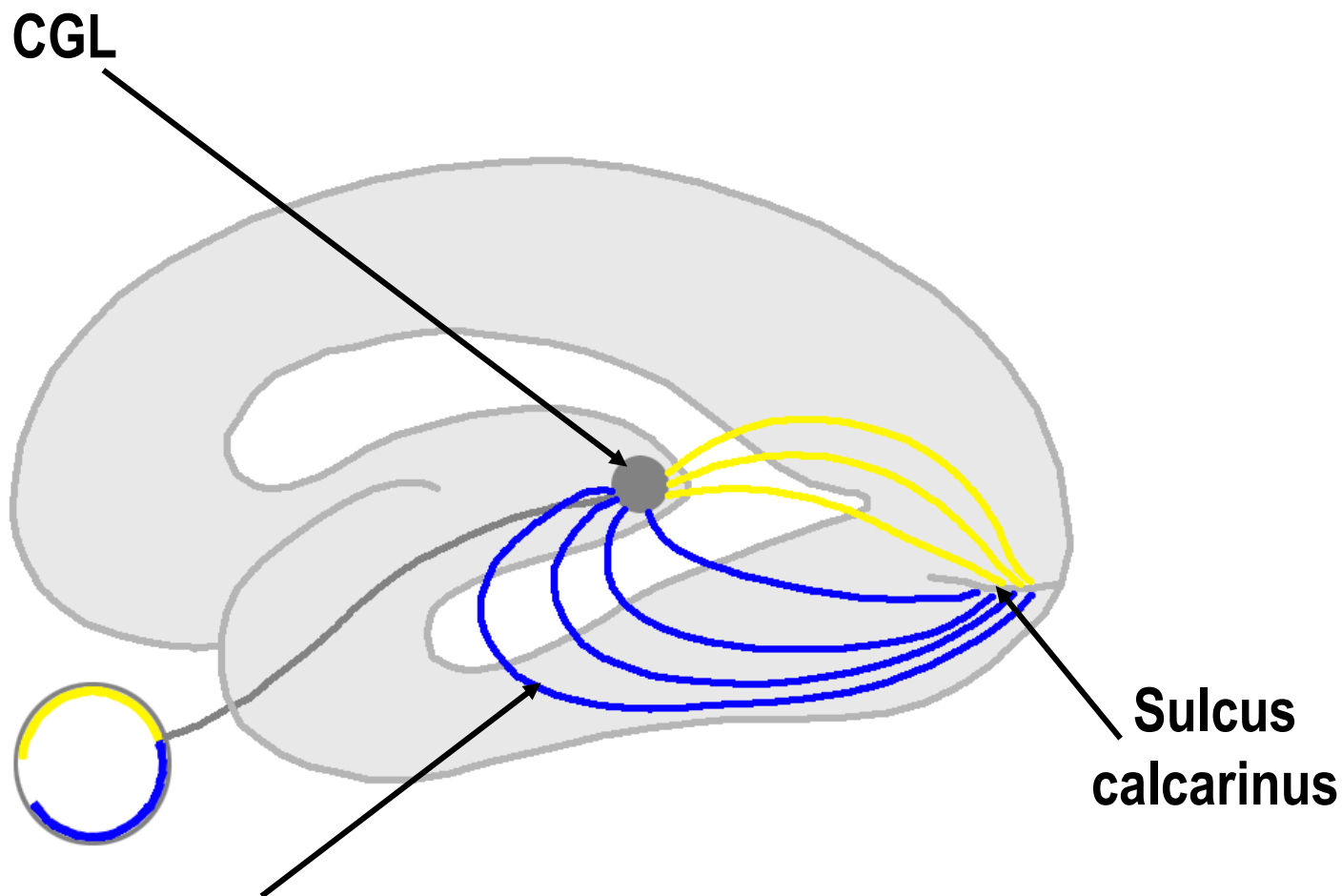
2. Homonym
hemianopsia

3. Bitemporalis
hemianopsia

4. Bal nasalis
hemianopsia

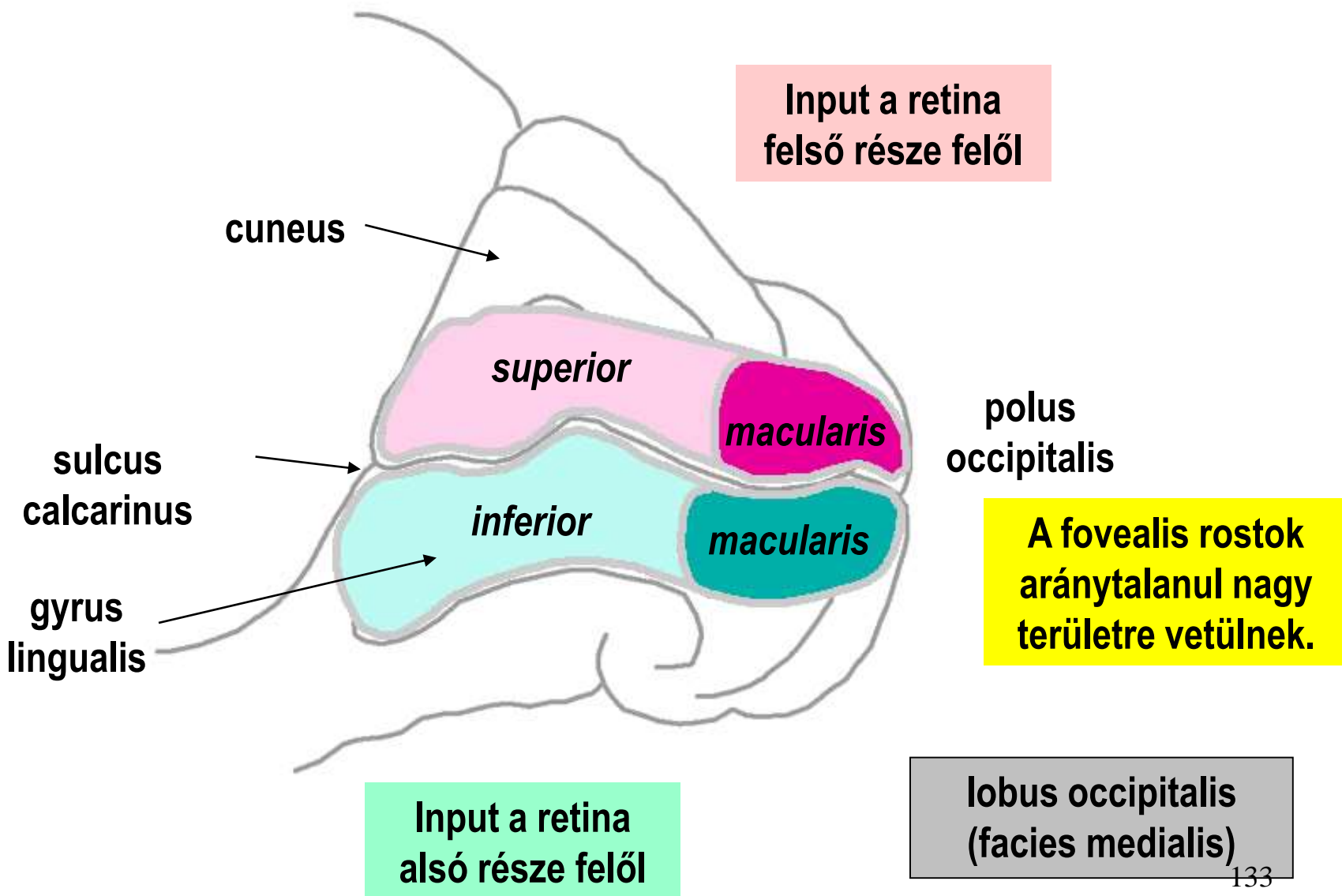
5. Homonym
hemianopsia
+ macular sparing

Az alsó és felső retinafelek projekciója a látókéregbe

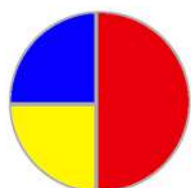
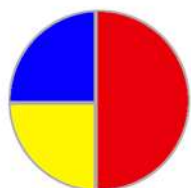
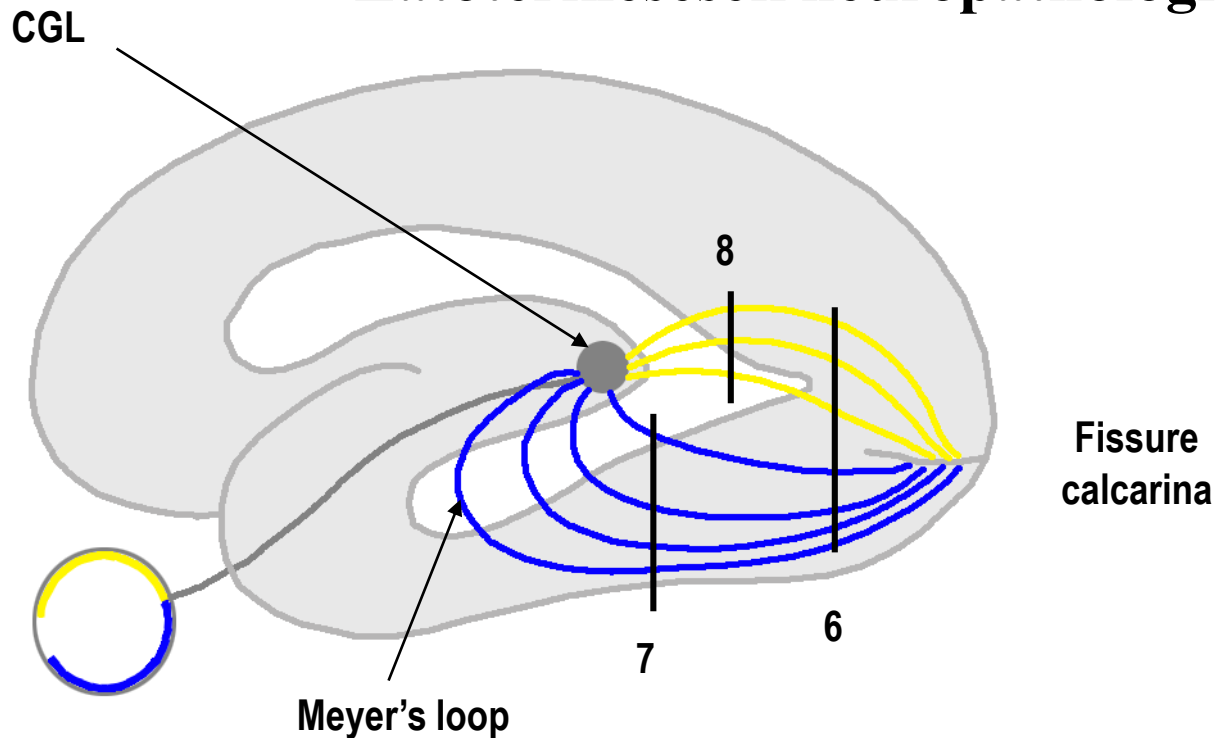


Meyer-féle hurok (a rostok először lefelé és előre, majd lefelé és hátra nőnek).

Látókéreg



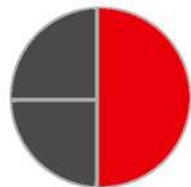
Látótérkiesések neuropathológiája



Normális látóterek



7. Felső kvadráns anopsia



6. Homonym hemianopsia



8. Alsó kvadráns anopsia

A corpus geniculatum laterale retinotopikus reprezentációja

Bal szem

Jobb szem

superior

nasal

superior

medialis

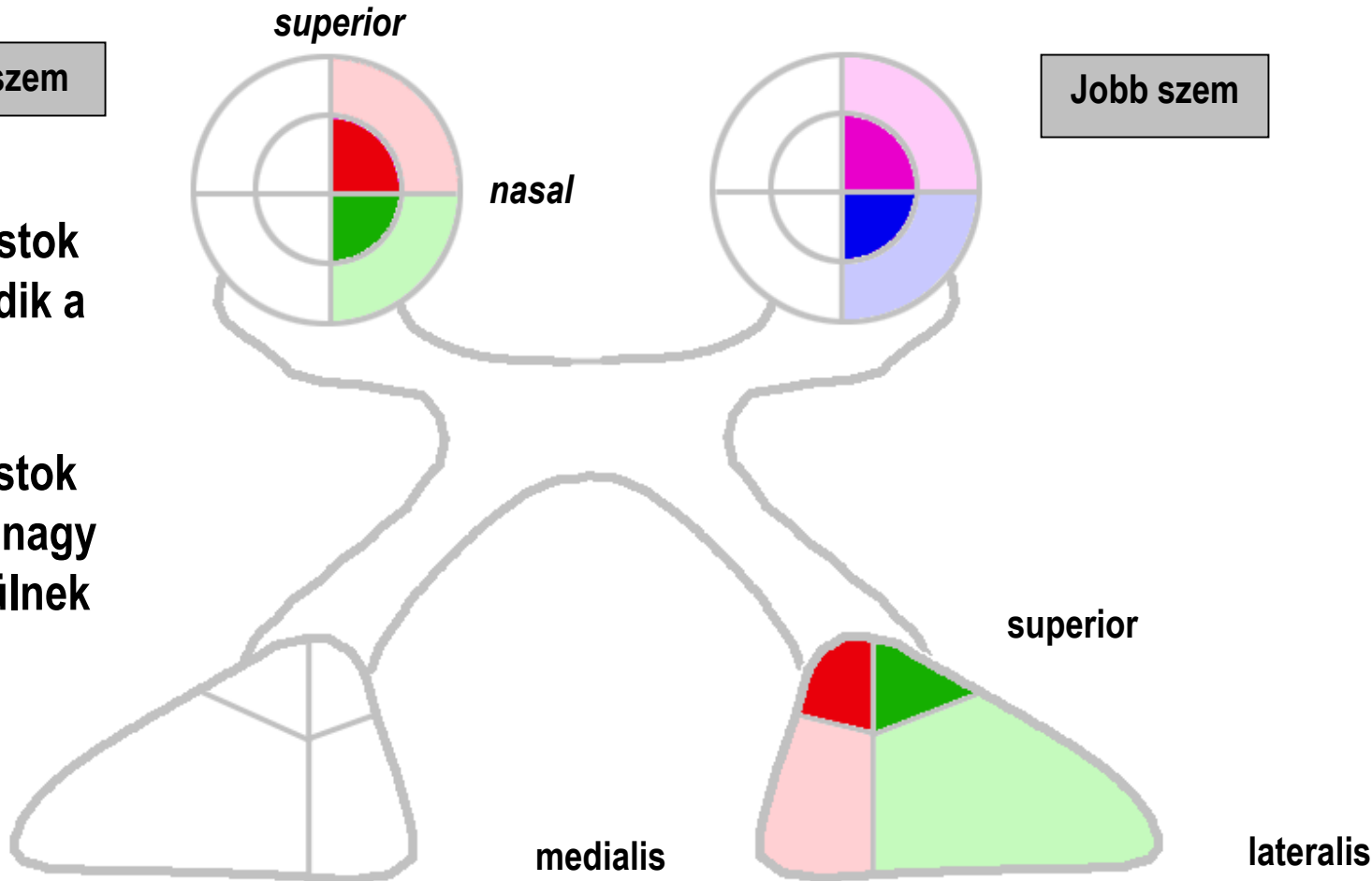
lateralis

A retinalis rostok
90%-a végződik a
CGL-ben

A fovealis rostok
aránytalanul nagy
területre vetülnek

felülnézetben

Jobb oldali corpus geniculatum
laterale: mindkét szem ellenoldali
látóteréből kap információt



A két jobboldali hemiretina közös, binocularis zónája

Mindegyik réteg csak az egyik szem felől kap inputot

A két szem felől érkező bemenetek szegregálódnak

C = Contralateralis (nasalis) 1, 4, 6

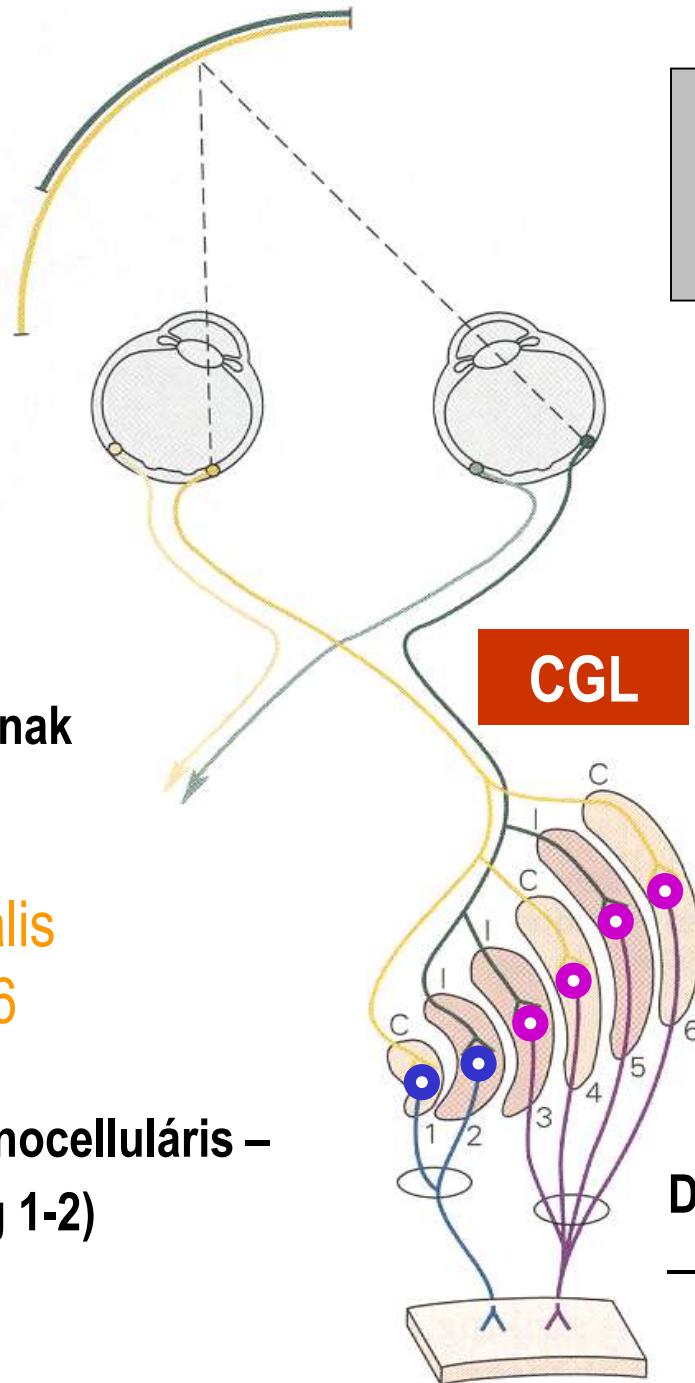
Ventralis (két magnocelluláris – nagysejtes – réteg 1-2)

Jobb oldali corpus geniculatum laterale: a hat réteg felváltva, mindkét szem ellenoldali látóteréből kap információt.

CGL

I = Ipsilateralis (temporalis) 2, 3, 5

Dorsalis (négy parvocelluláris – kissejtes – réteg 3-6)



A két korrespondeáló retinafélből
beérkező információ csak a
látókéregben egyesül ismét.

C = Contralateralis
(nasalis) 1, 4, 6

I = Ipsilateralis
(temporalis) 2, 3, 5

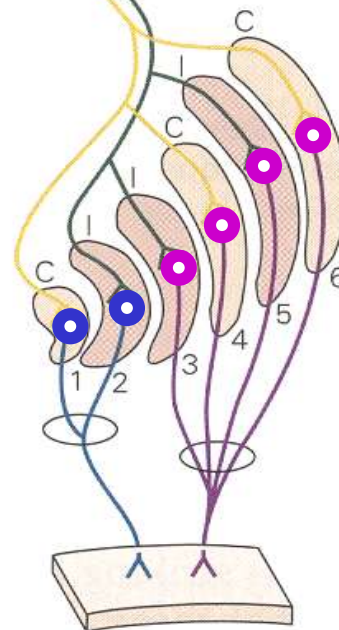
CGL

Dorsalis (négy parvocelluláris
– kissejtes – réteg 3-6)

Ventralis (két magnocelluláris –
nagysejtes – réteg 1-2)

Parvocellularis
útvonal (P channel)

Magnocellularis
útvonal (M channel)



Elsődleges
látókéreg (area 17) ¹³⁷

Magnocellularis
útvonal (M channel)

Parvocellularis
útvonal (P channel)

Egy-egy fotoreceptor sejt

```
graph TD; A[Egy-egy fotoreceptor sejt] --> B[Magnocellularis ganglion sejtek]; A --> C[Parvocellularis ganglion sejtek]; B --> D[Magnocellularis CGL rétegek (1, 2)]; C --> E[Parvocellularis CGL rétegek (3, 4, 5, 6)]; D --> F[Megvilágítási kontraszt  
Időbeli frekvencia]; E --> G[Szín kontraszt  
Térbeli frekvencia];
```

Magnocellularis
ganglion sejtek

Parvocellularis
ganglion sejtek

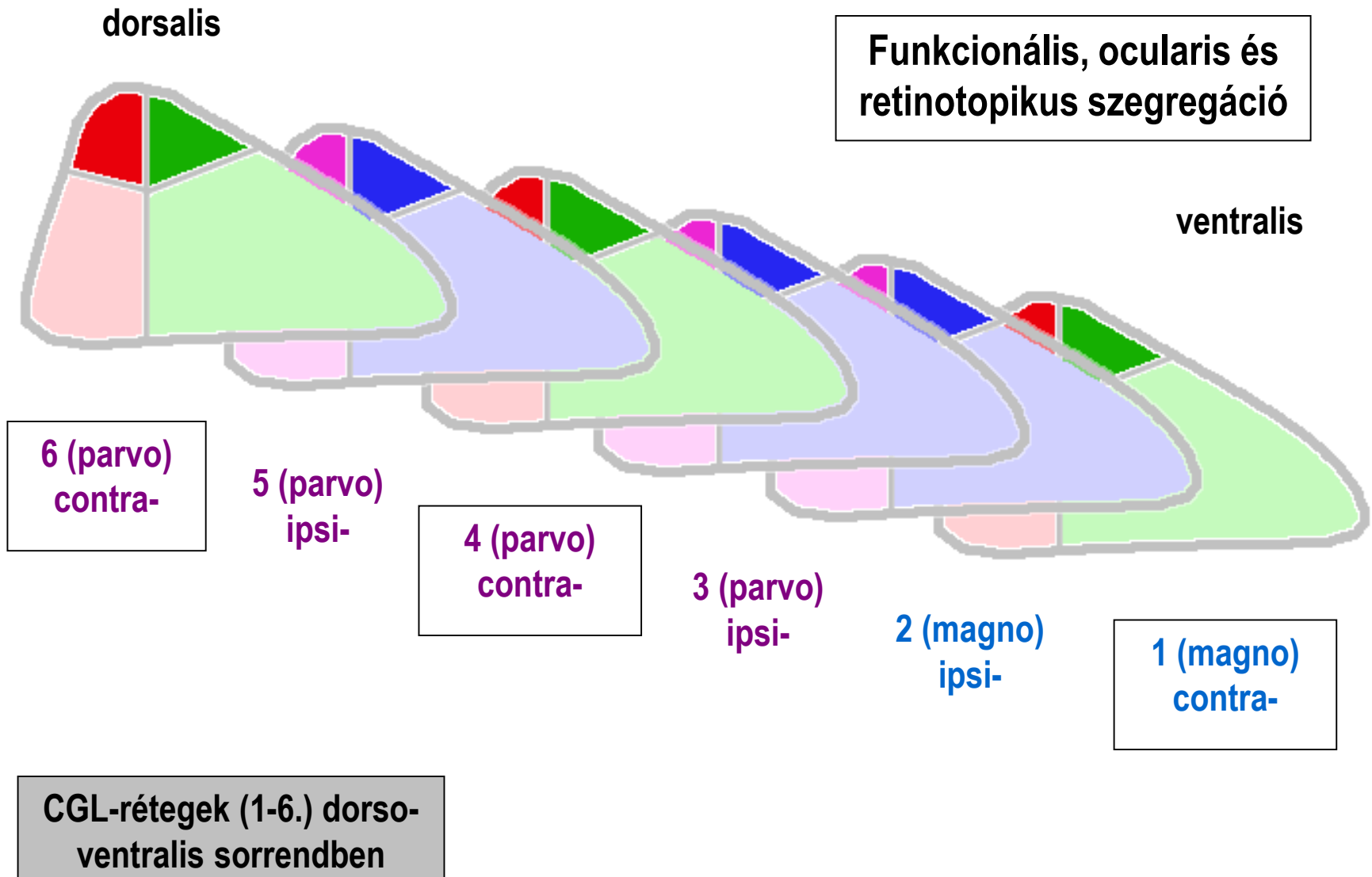
Magnocellularis CGL
rétegek (1, 2)

Parvocellularis CGL
rétegek (3, 4, 5, 6)

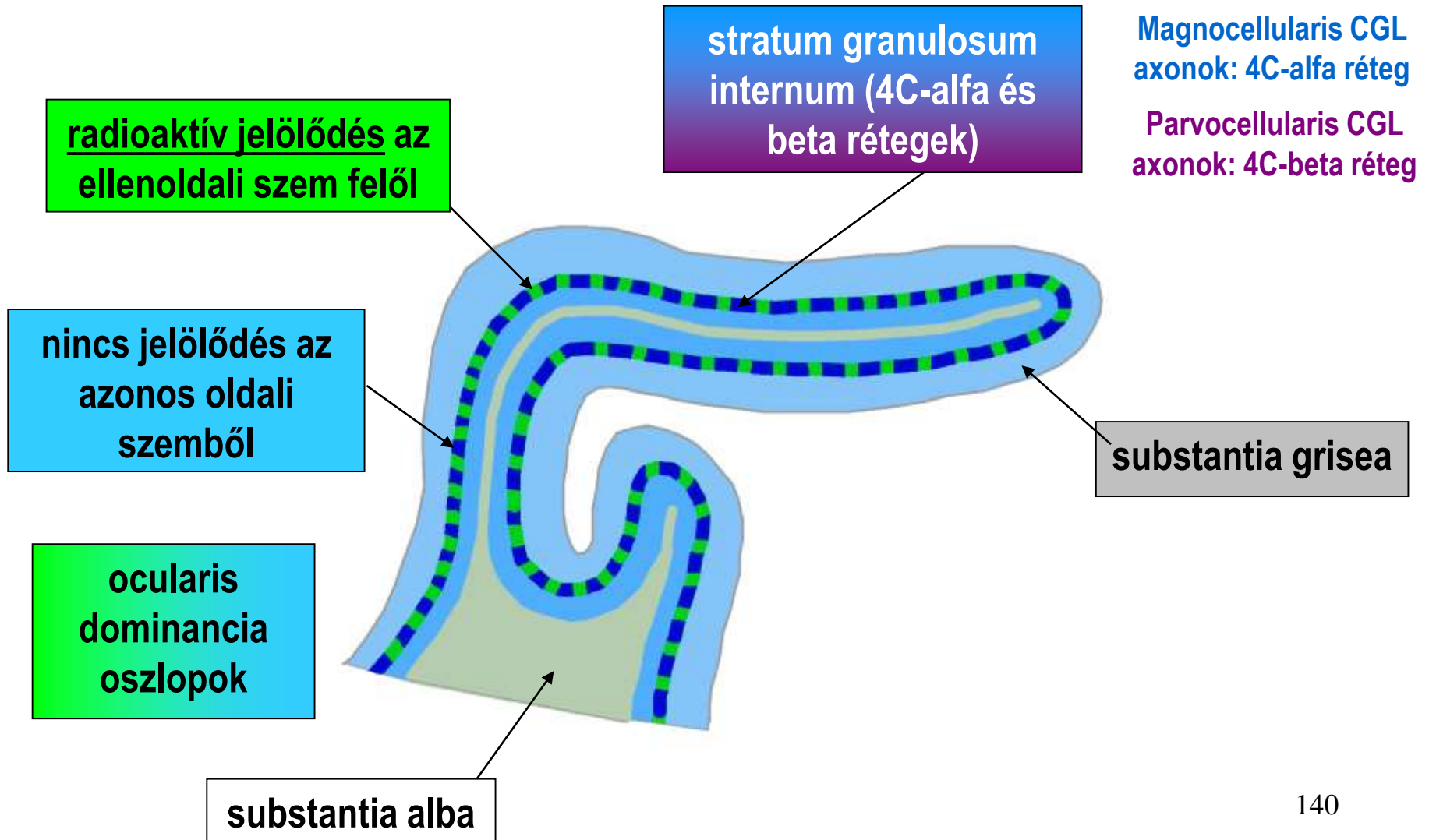
Megvilágítási kontraszt
Időbeli frekvencia

Szín kontraszt
Térbeli frekvencia

Corpus geniculatum laterale dextrum

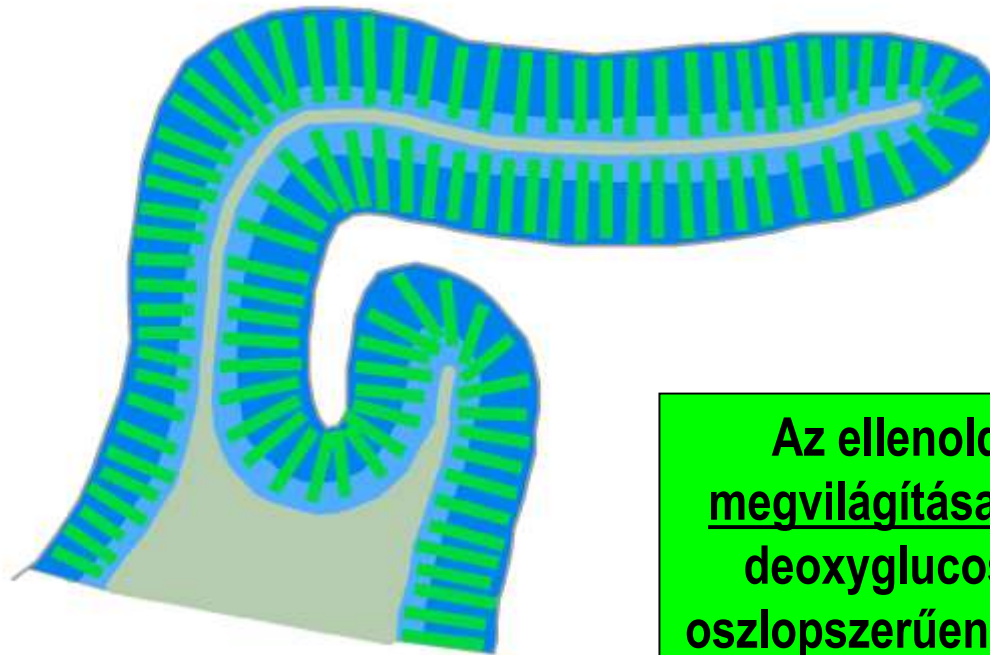


A látókéreg columnaris organizációja (ocularis dominancia)



A látókéreg columnaris organizációja (ocularis dominancia)

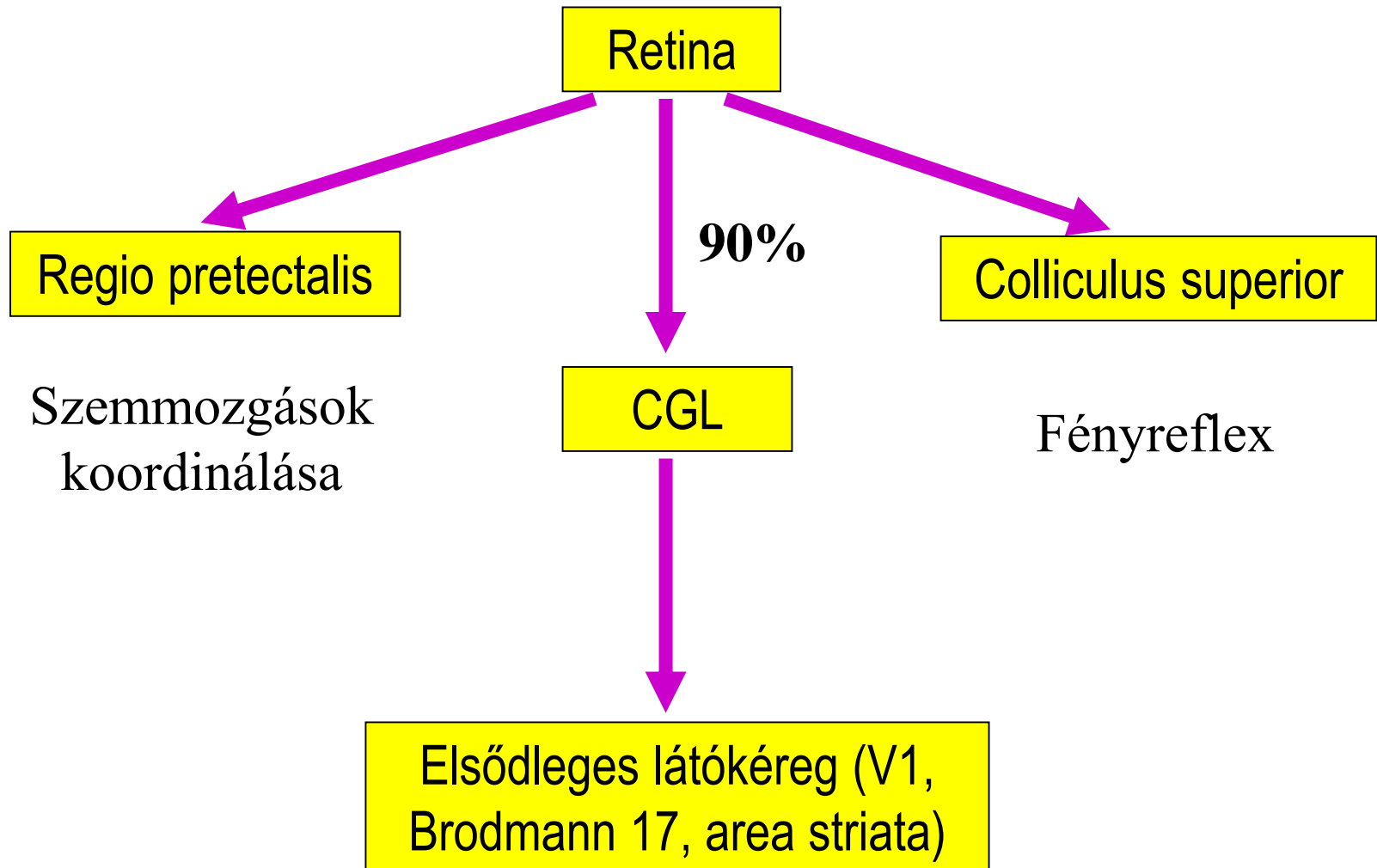
Az aktív oszlopok között
inaktív oszlopok találhatóak (ide
vetül az azonos oldali szem).



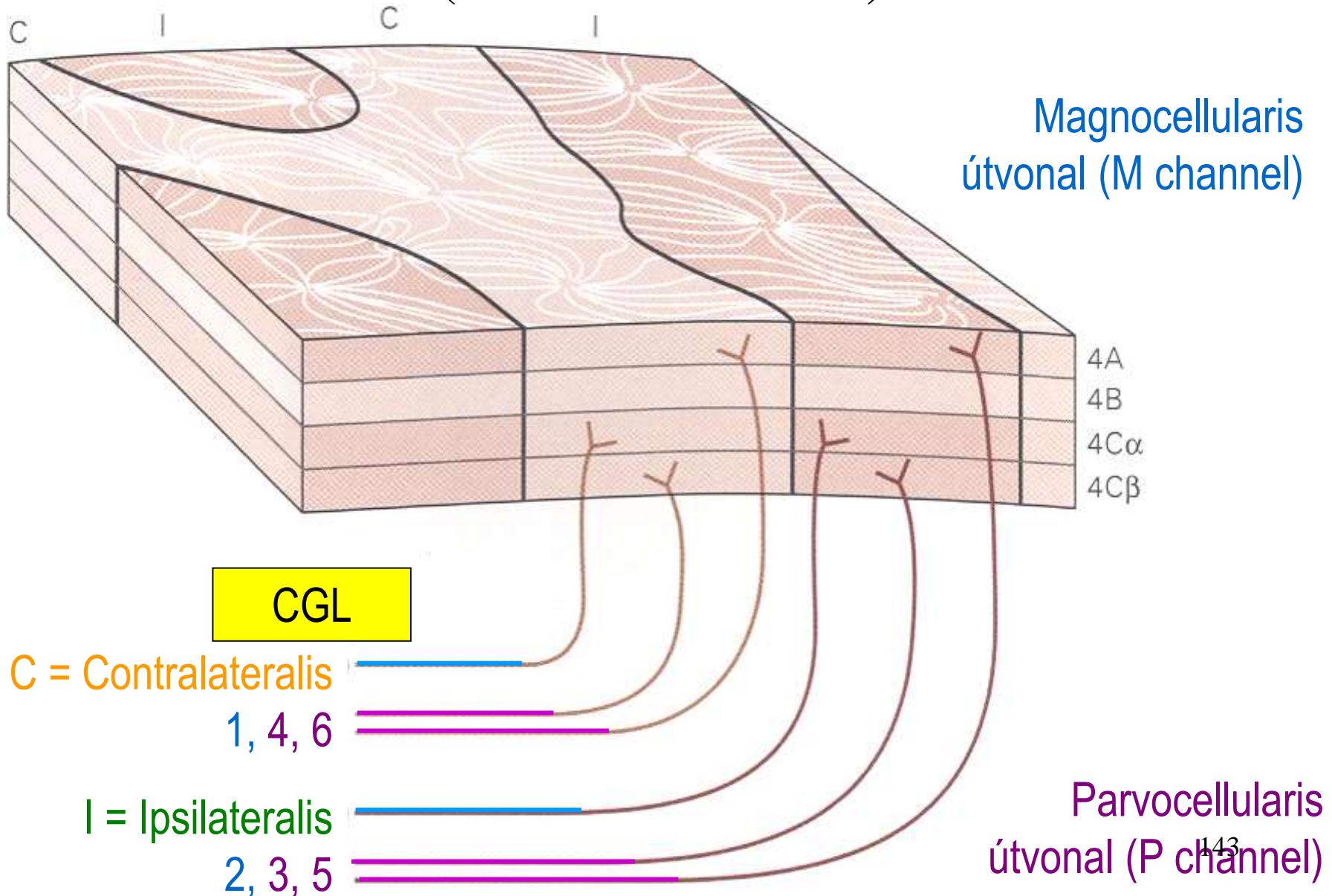
Az ellenoldali szem
megvilágítása esetén a 2-
deoxyglucose reakció
oszlopszerűen elrendeződő
aktivitást mutat.

“Ocular dominance” (D.H.
Hubel & T.N. Wiesel, 1977)

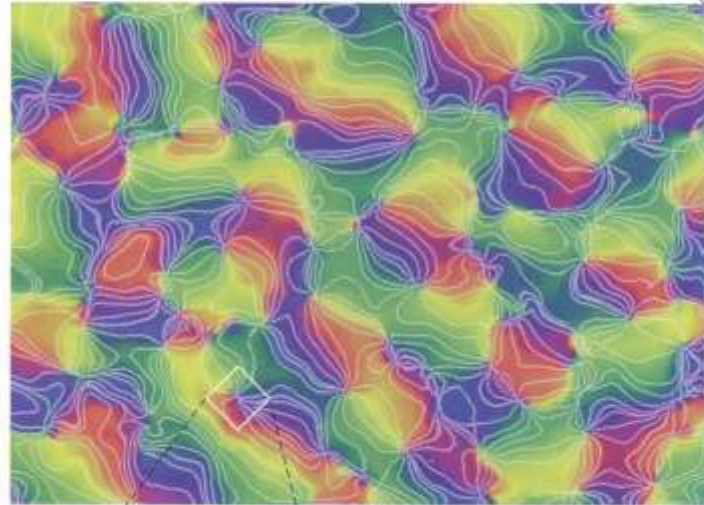
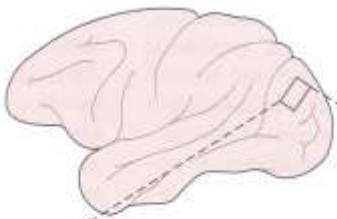
A látópálya fontosabb állomásai



A látókéreg columnaris organizációja (ocularis dominancia)



A látókéreg columnaris organizációja (orientációs oszlopok)

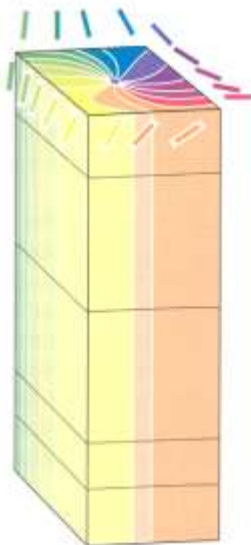


Majom látókéreg 9 x 12 cm-es felületét elektrofiziológiai módszerrel vizsgálják –

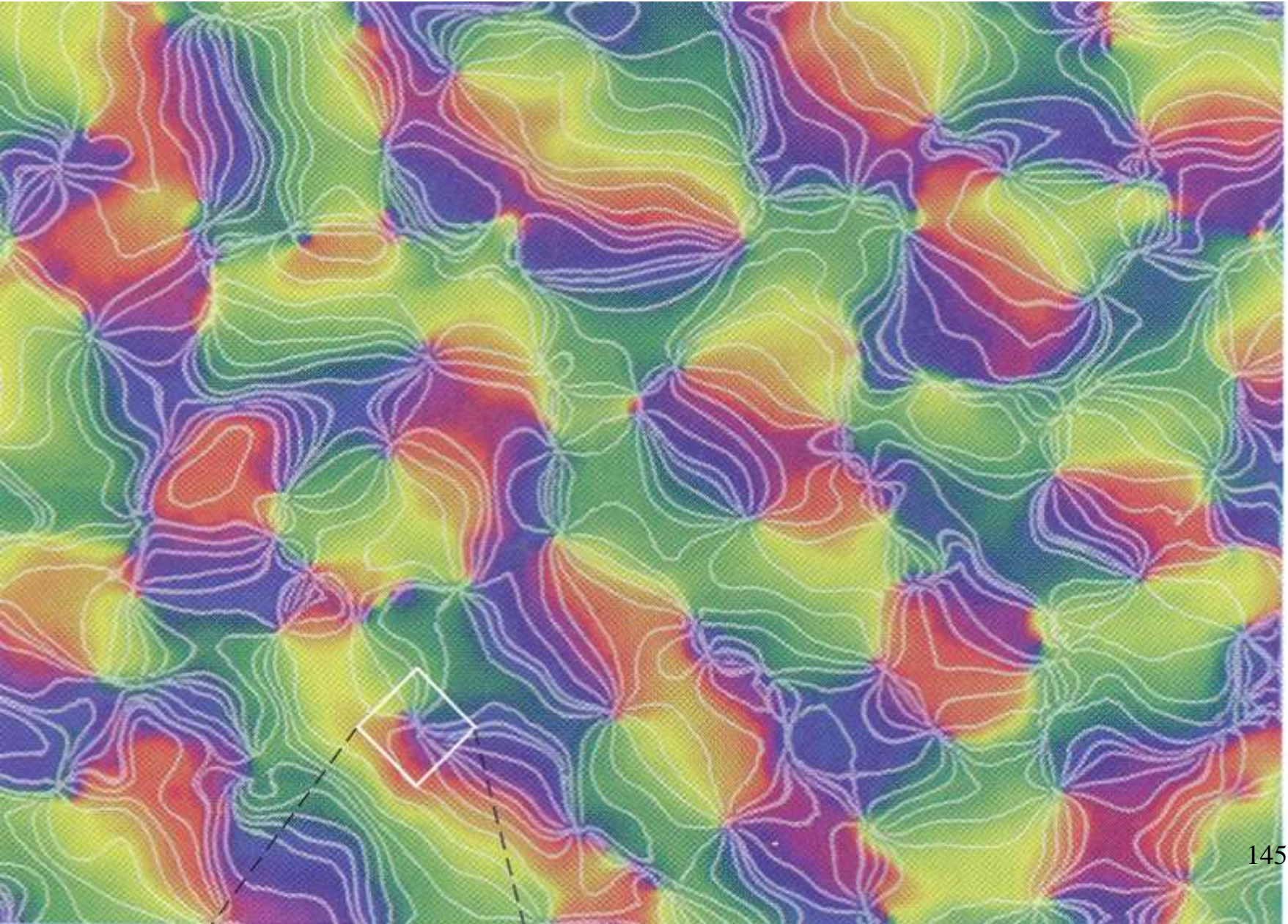
miközben a majomnak különböző szögben álló vonalak képét vetítik.

Az egyes orientációkra reagáló sejtek csoportosan helyezkednek el.

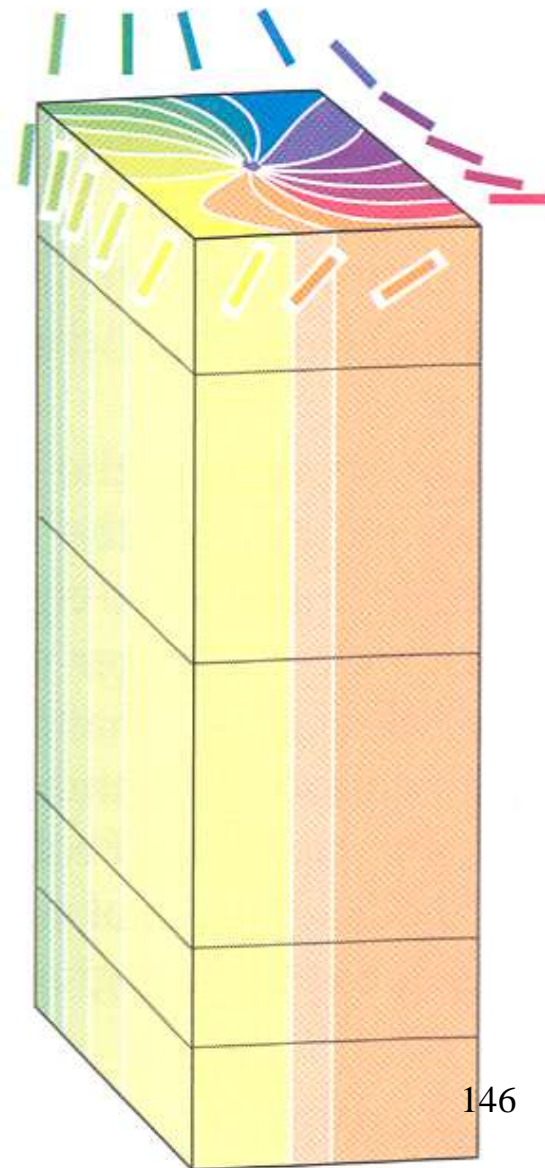
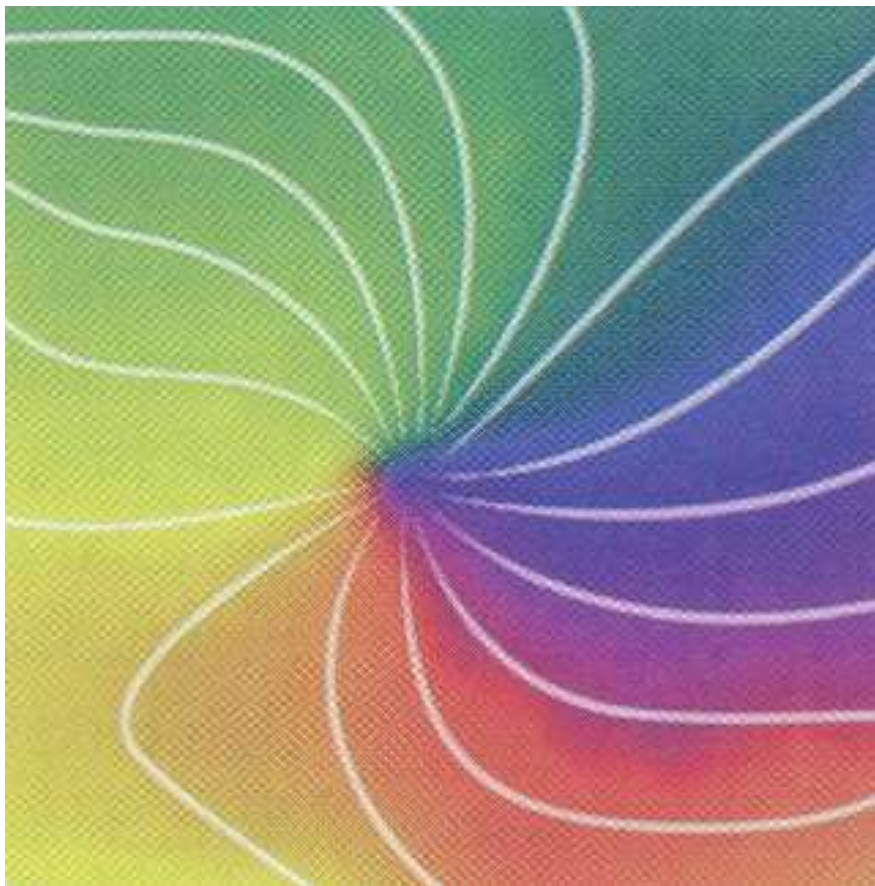
Az aktivitás oszlopszerűen a látókéreg teljes vastagságára kiterjed.



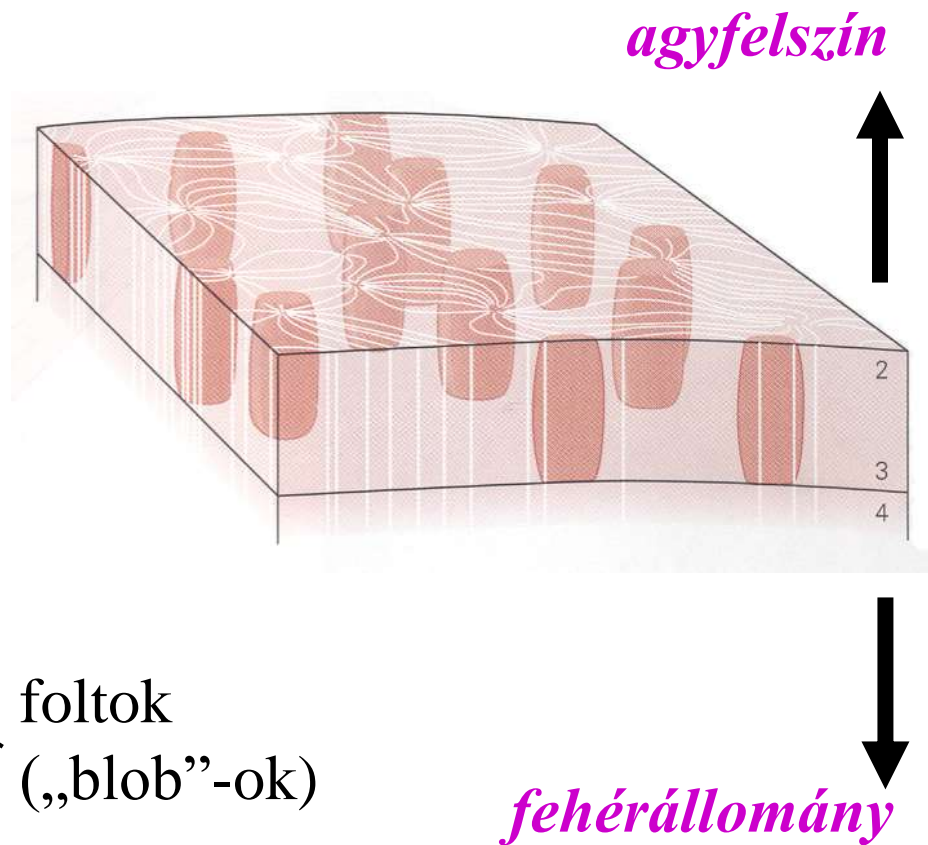
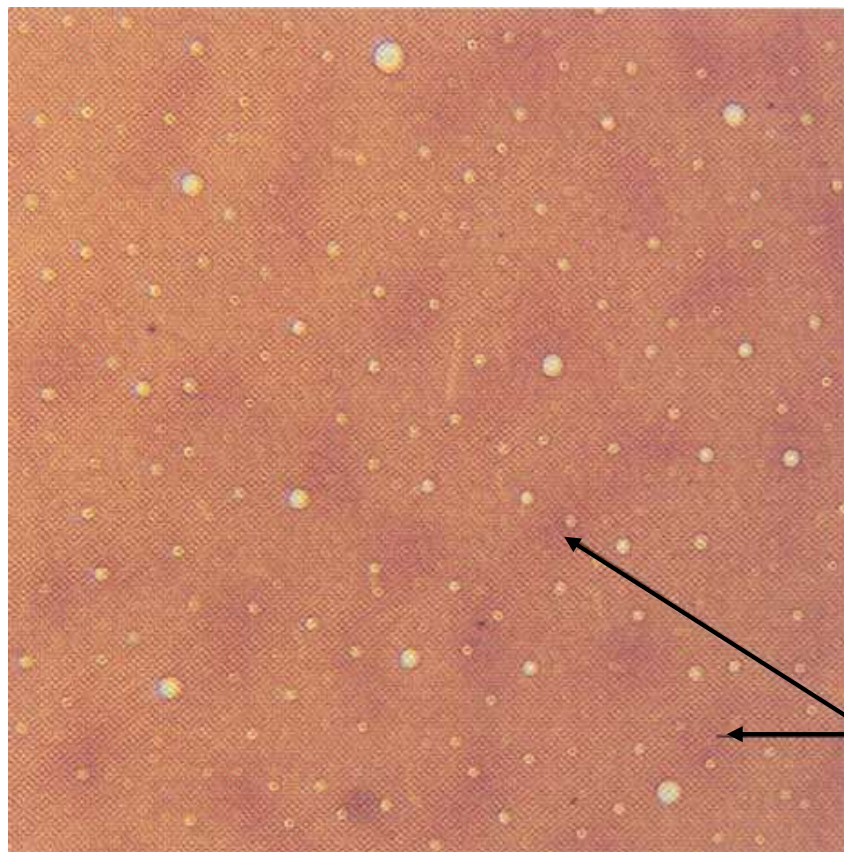
A látókéreg orientáció-szelektív sejtjei



A látókéreg orientáció-szelektív területeinek columnaris elrendeződése



A látókéreg szín-szelektív területeinek foltszerű elrendeződése



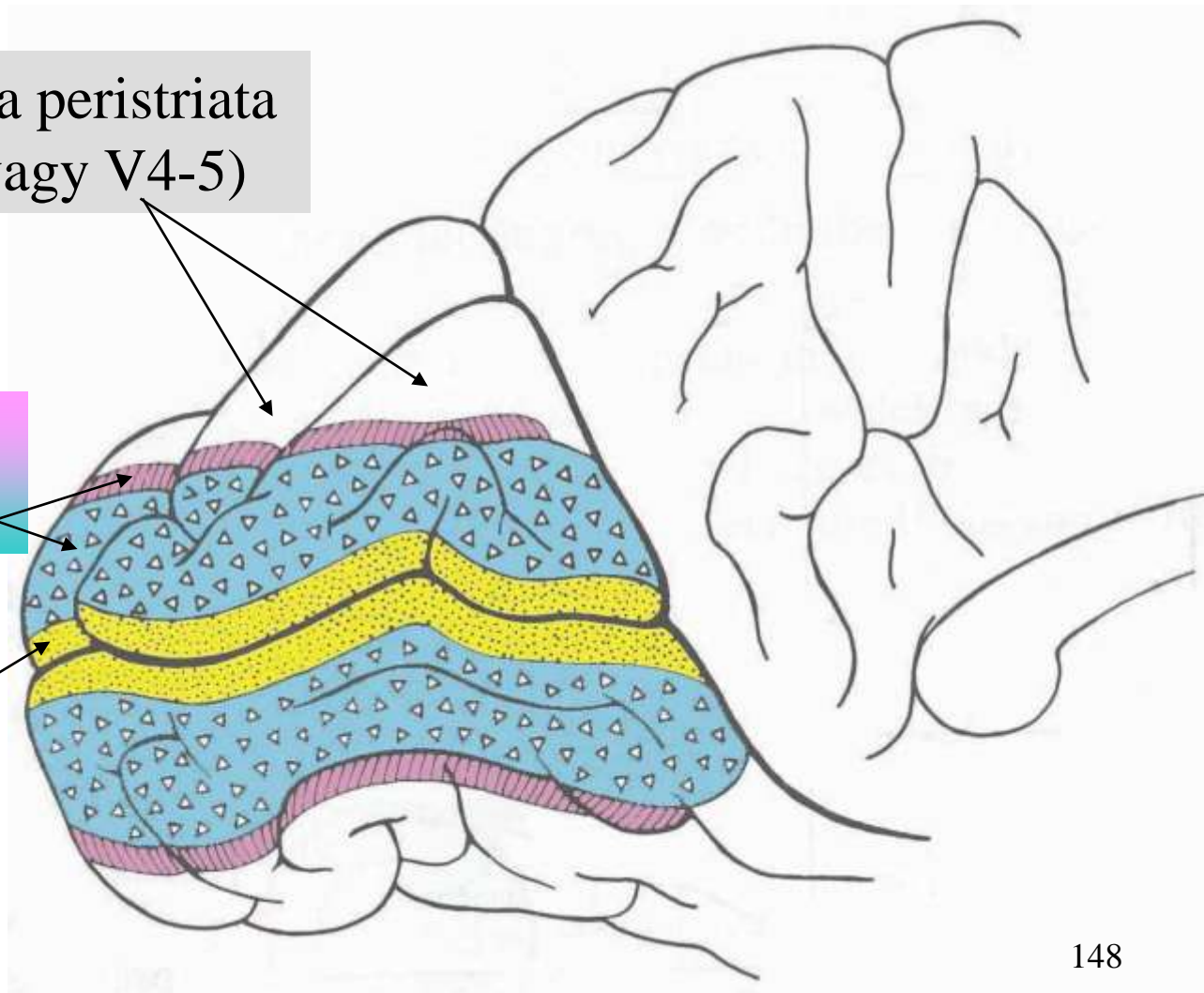
A foltok nem irány-szelektívek, hanem színes fényre érzékenyek. Az aktivitás tangenciális agyszeleten a 2-3-as rétegben a legerősebb.

A látókéreg felépítése és topográfiája

3. Area peristriata
(19 vagy V4-5)

2. Area parastriata
(18 vagy V2-3)

1. Area striata
(17 vagy V1)



A látókéreg funkcionális tagozódása

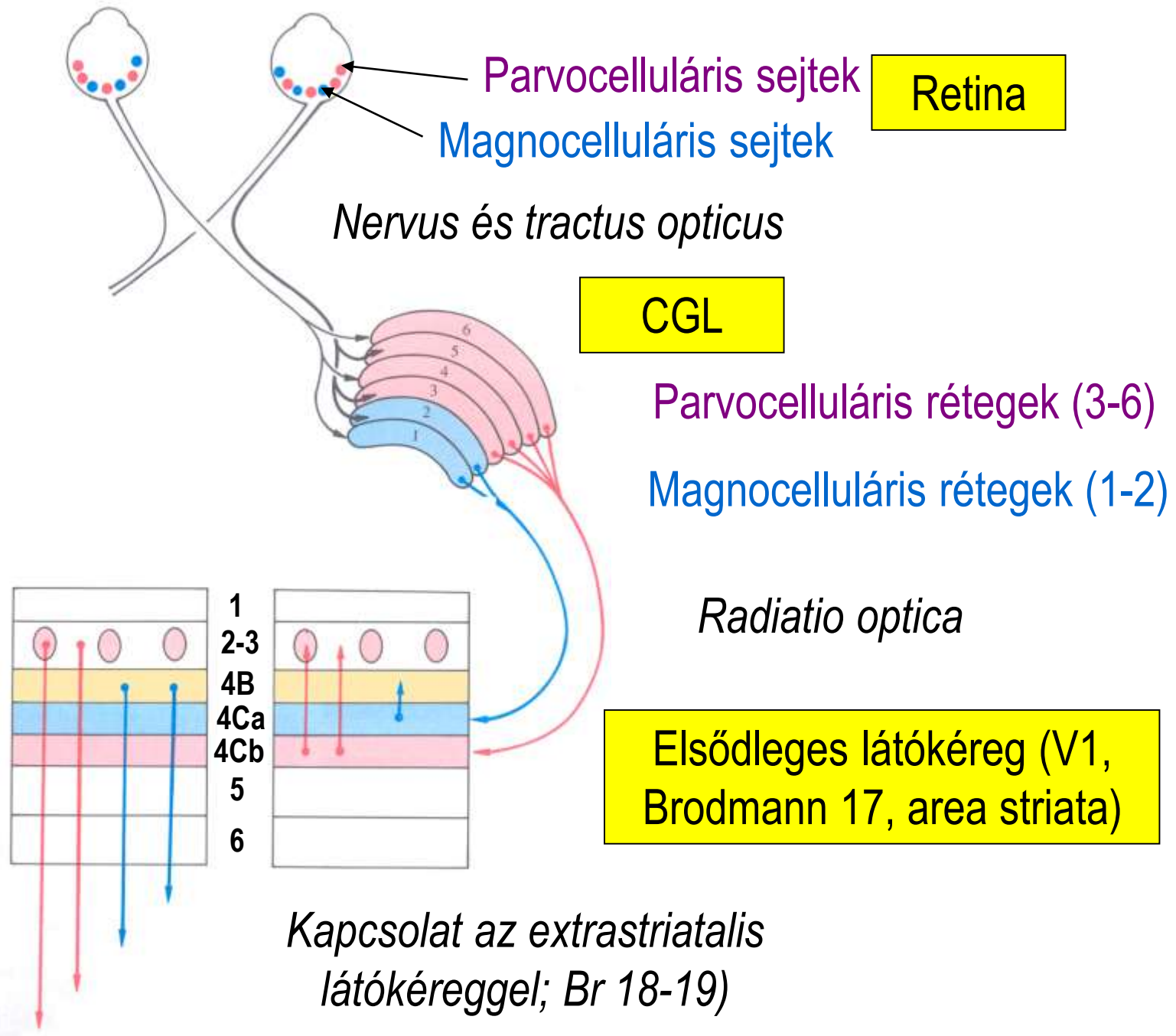
V1 – elsődleges látókéreg
(valamennyi funkció)

V2 – másodlagos látókéreg
(valamennyi funkció)

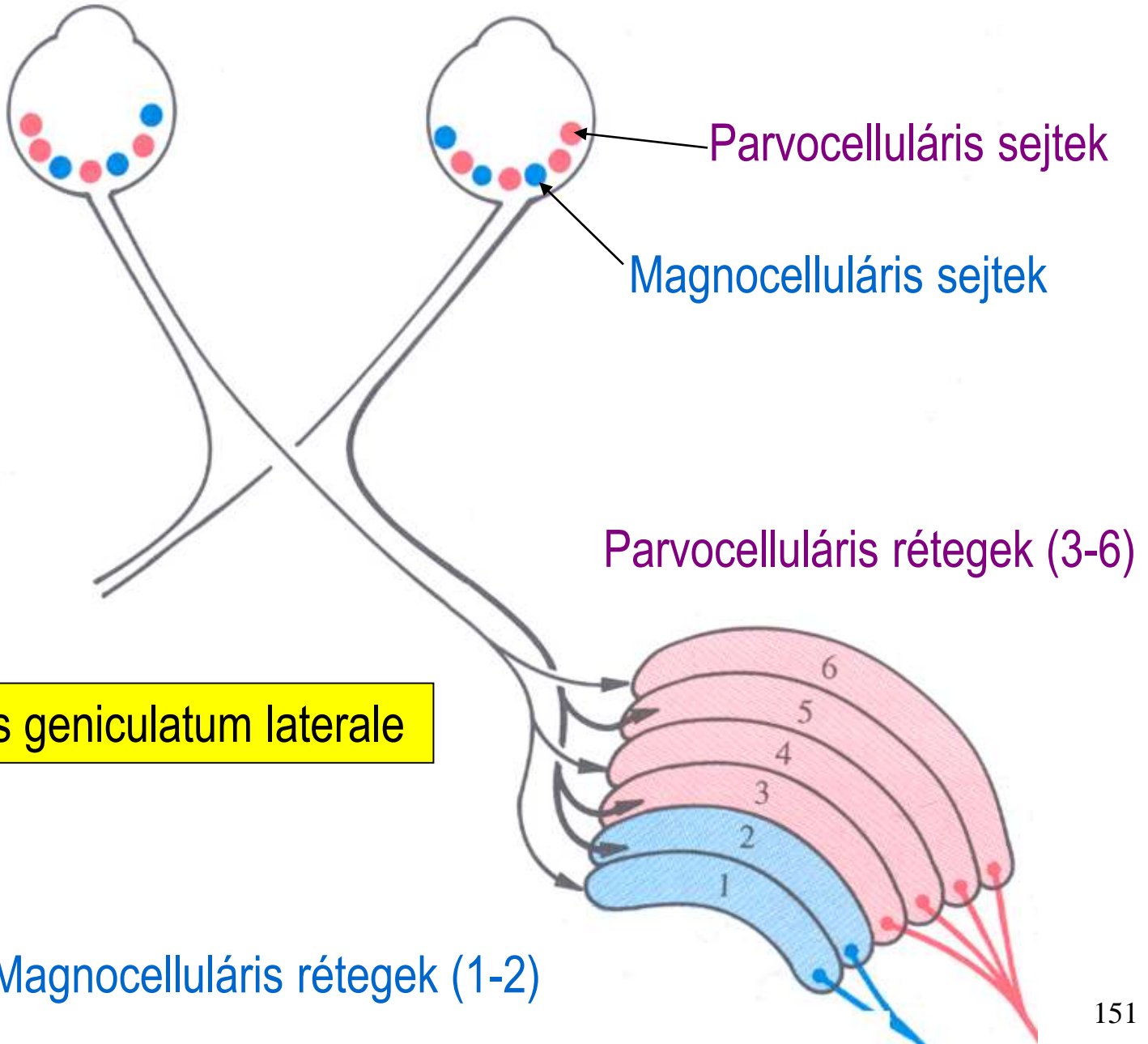
V3 – másodlagos látókéreg
(alakfelismerés)

V4 – harmadlagos látókéreg
(színfelismerés)

V5 – harmadlagos látókéreg
(mozgásfelismerés)



Retina

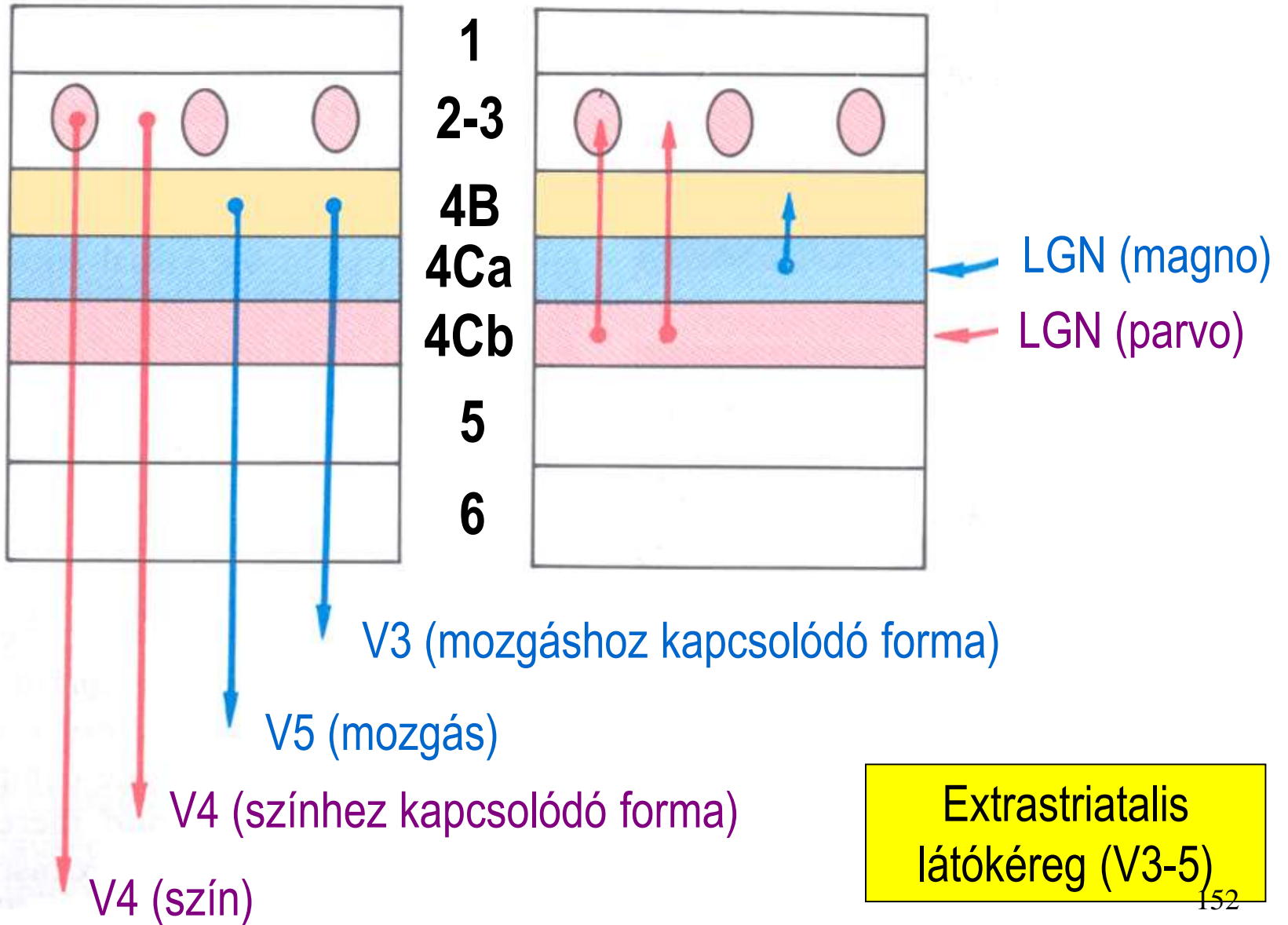


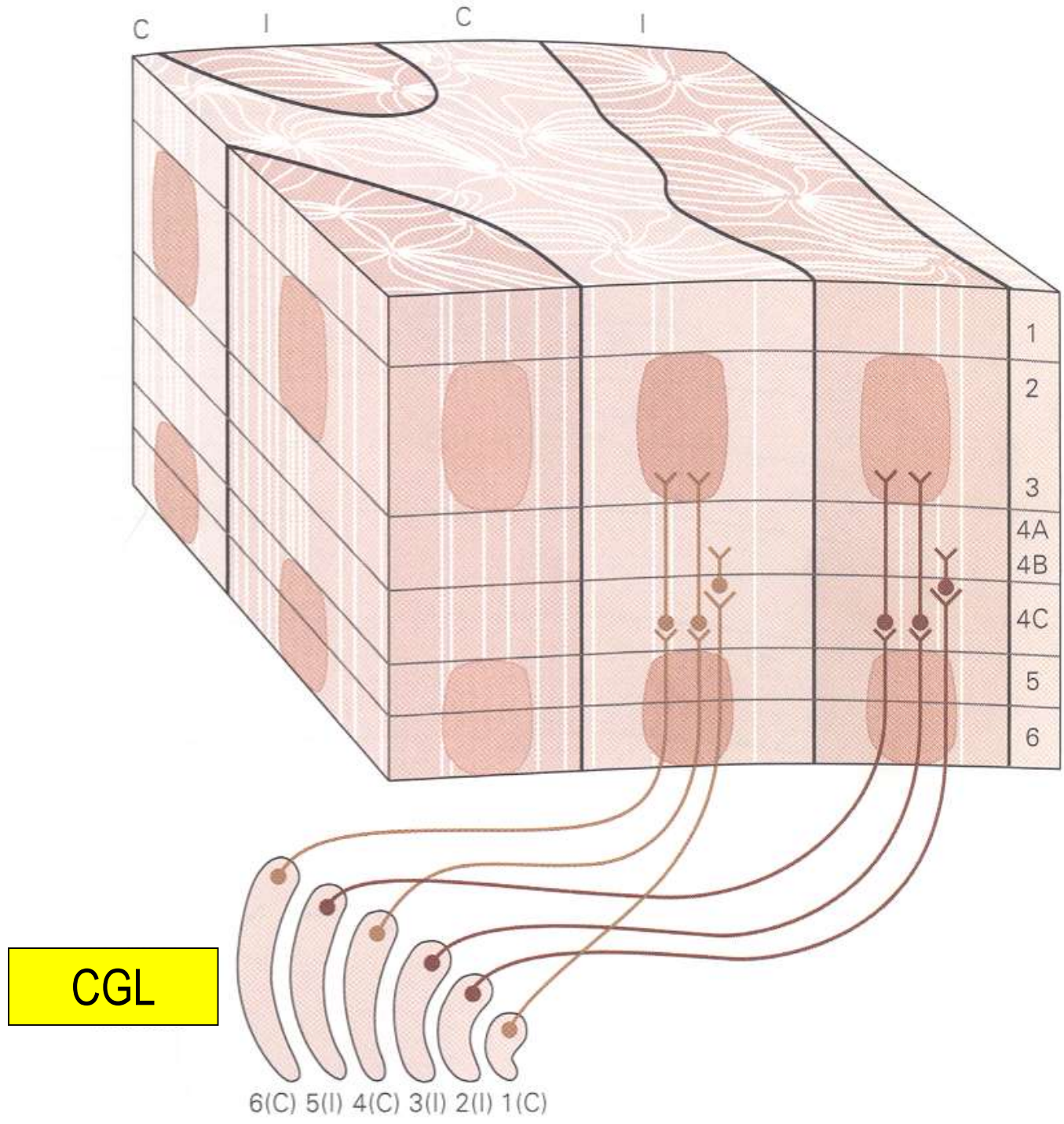
Corpus geniculatum laterale

Magnocelluláris rétegek (1-2)

Parvocelluláris rétegek (3-6)

Elsődleges látókéreg (V1)





Összefoglalás

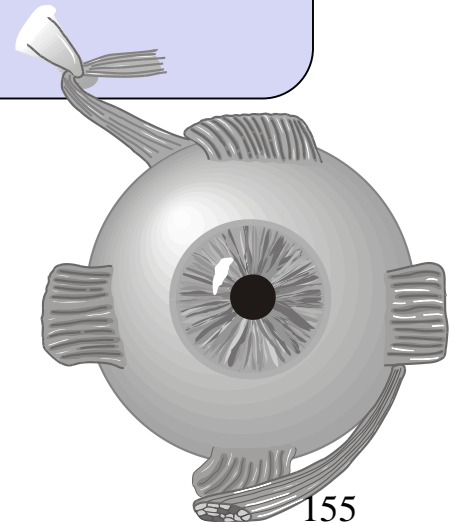
Az elsődleges látókéreg funkcionális egysége a modul.

A modul mintegy 1 mm^2 területű hiper-oszlop („hypercolumn”),

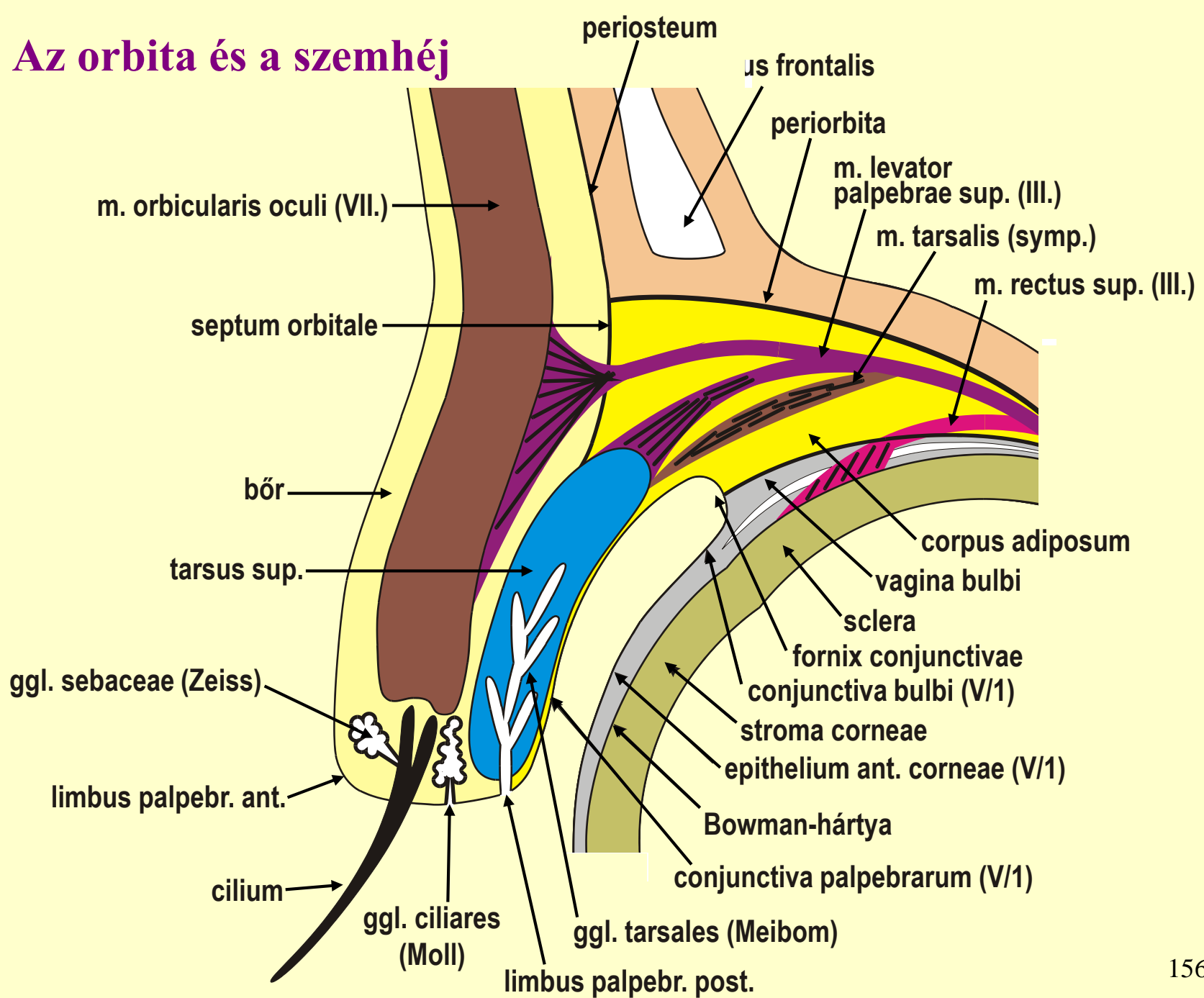
- amelyben a látótér egy egységnyi területét leképező
- összes irány-szelektív oszlop, mindkét szem ocularis dominancia-oszlopa és a megfelelő színérzékeny foltok („blob”) jelen vannak.

A modulok az elsődleges látókéregben retinotopikus elrendeződést mutatnak.

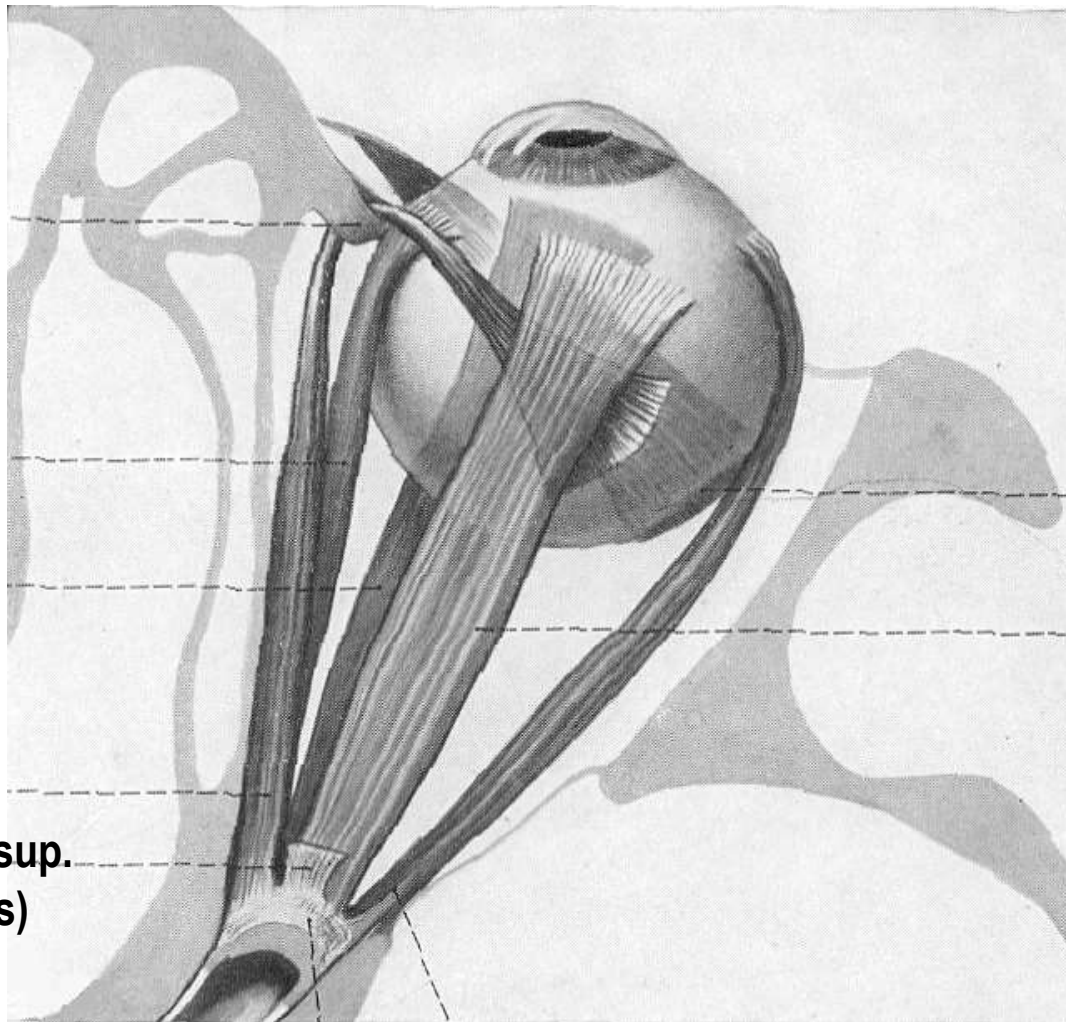
4. Az orbita (szemmozgató izmok, agyidegek, reflex-mechanizmusok)



Az orbita és a szemhéj

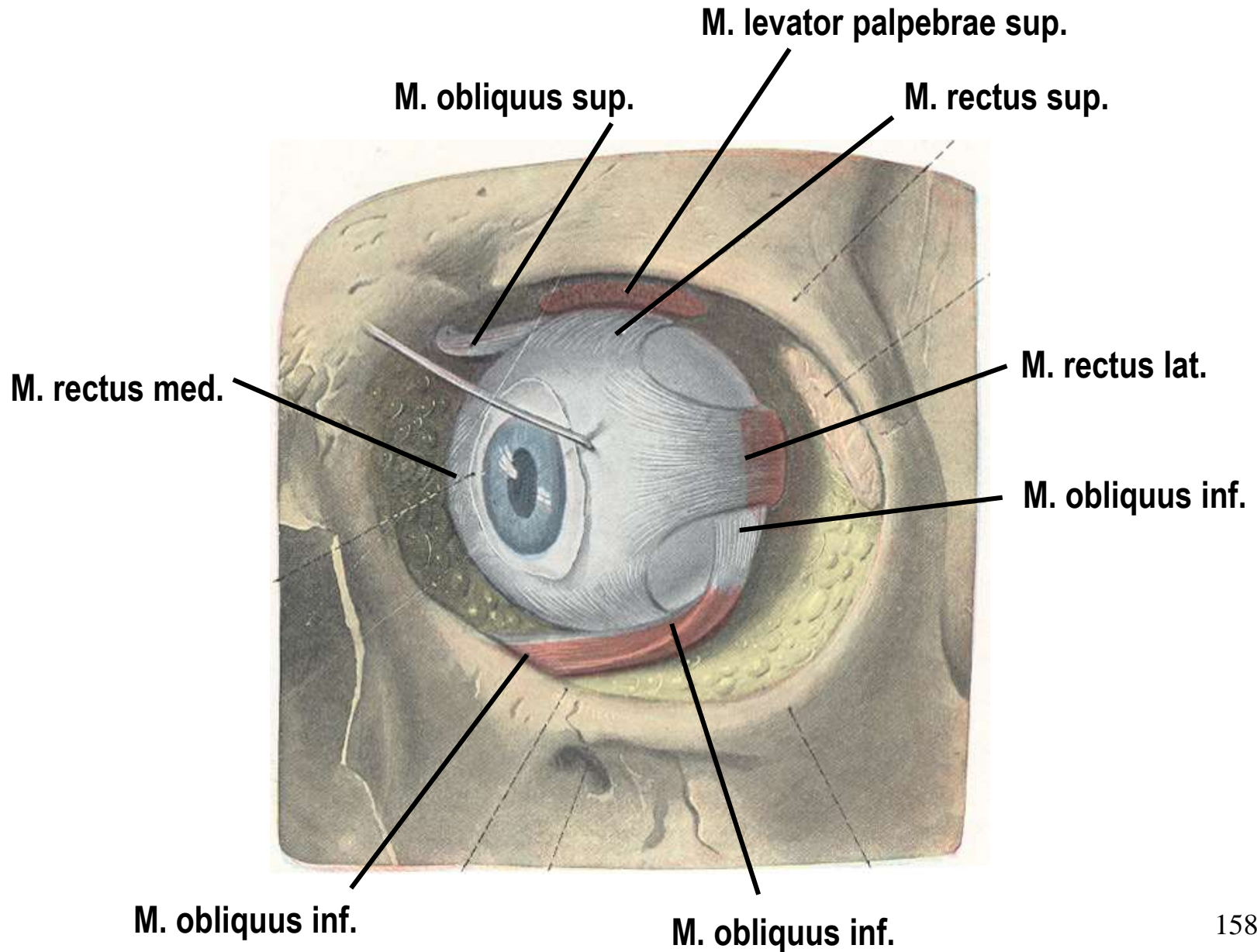


A jobb szemgolyó szemizmai sémás ábrázolásban, felülnézetben

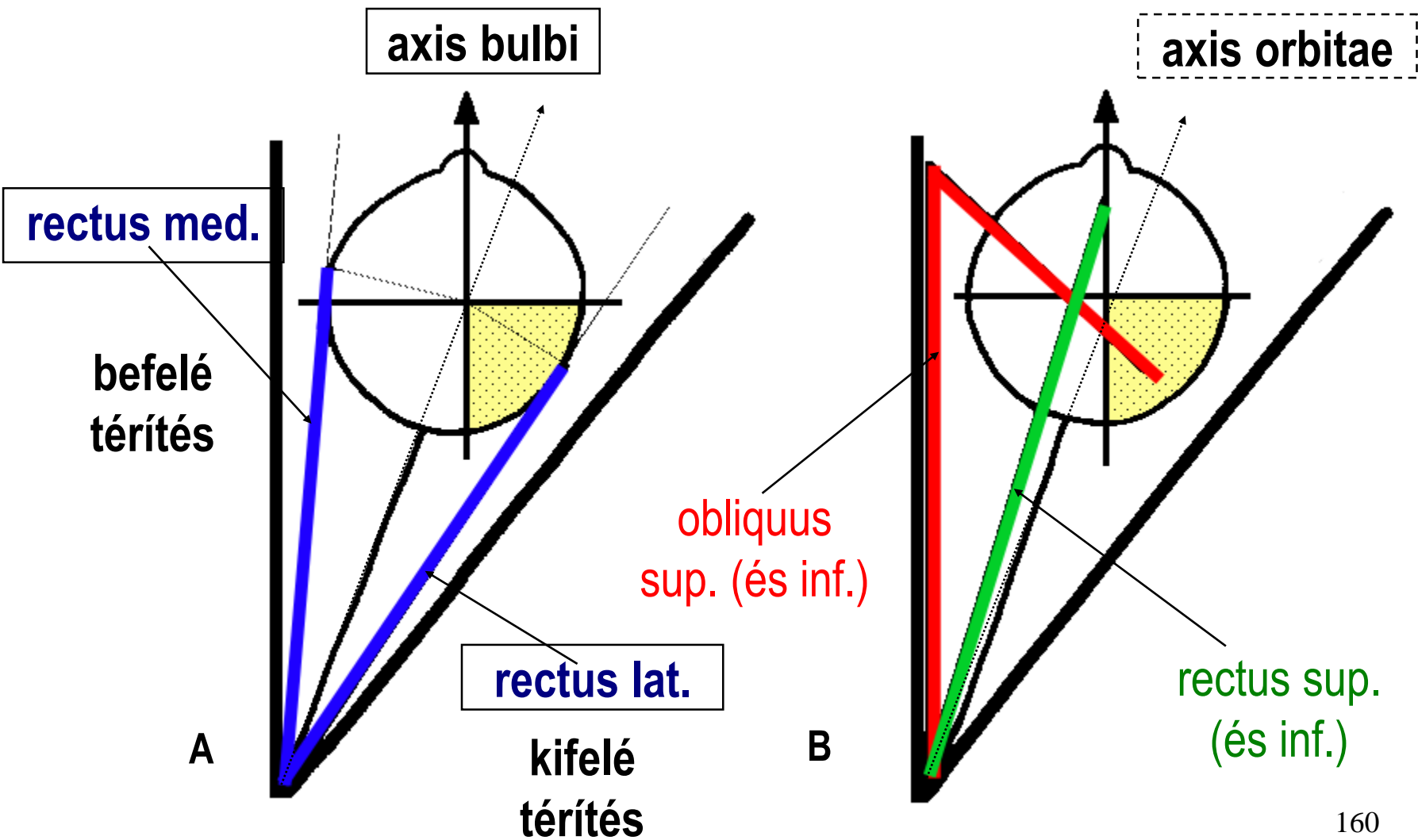


Anulus tendineus Rectus lat. (N. abducens)

A bal szemgolyó külső szemizmai előlnézetben



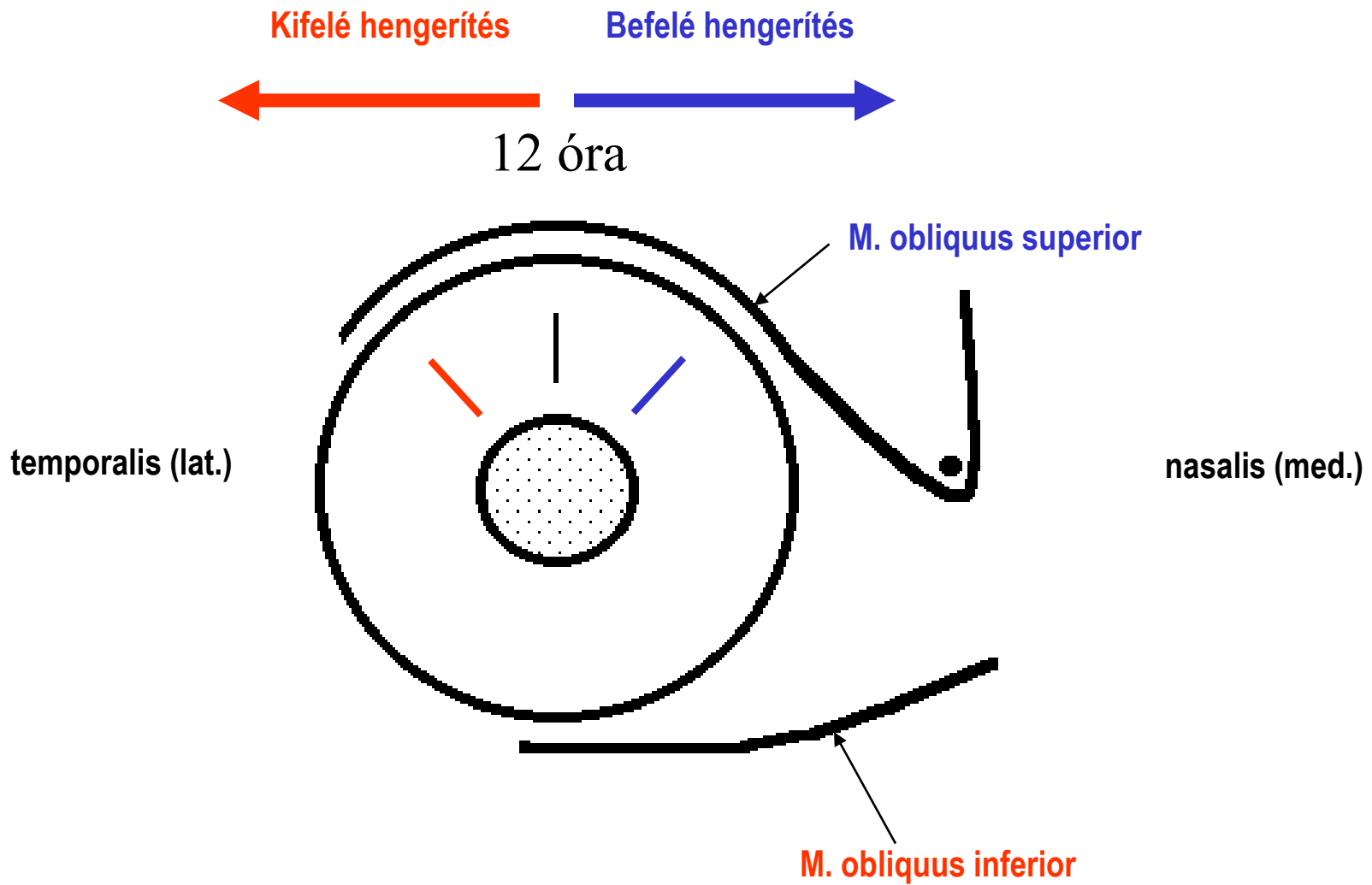
A külső szemizmok sémás ábrázolása.
A **rectus medialis** és **lateralis** izmok működése



A rectus medialis és lateralis izmok működése

		FUNKCIÓ	Térítés	Függőleg tekintés	Rotáció
		TENGELY	VERT.	TRANS.	SAGITT.
BÉNULÁS	N.	IZOM			
KONVERGENCIA NINCS LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus med.	Befelé	-	-
MED STRABISMUS	VI	Rectus lat.	Kifelé	-	-
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus sup.	Befelé	Felfelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus inf.	Befelé	Lefelé	Kifelé
MED STR., FEL, KI HENG	IV	Obliq. sup.	Kifelé	Lefelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Obliq. inf.	Kifelé	Felfelé	Kifelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	4 III.-Izom	kevert	kevert	kevert
PTOSIS	III	Levator palp.	Felső szemhéj emelés		
MYDRIASIS, x fényreakció	III	Sphincter p.	Pupillaszűkület (miosis)		
NINCS AKKOMODÁCIÓ	III	M. ciliaris	Lencse előremozdul (akkomod.)		

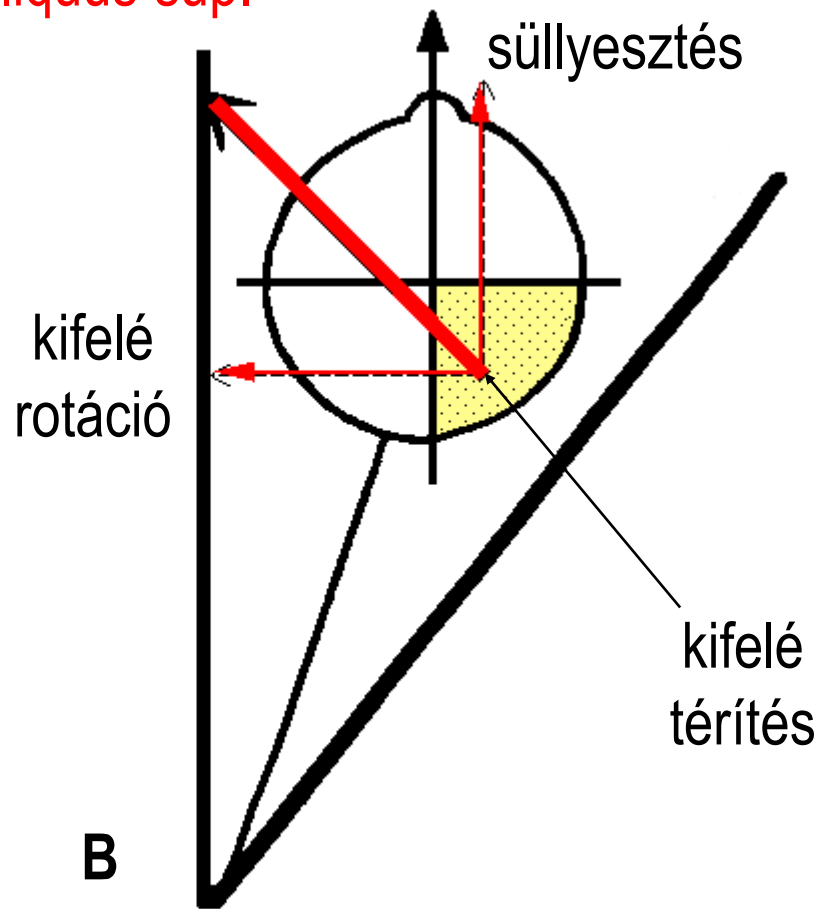
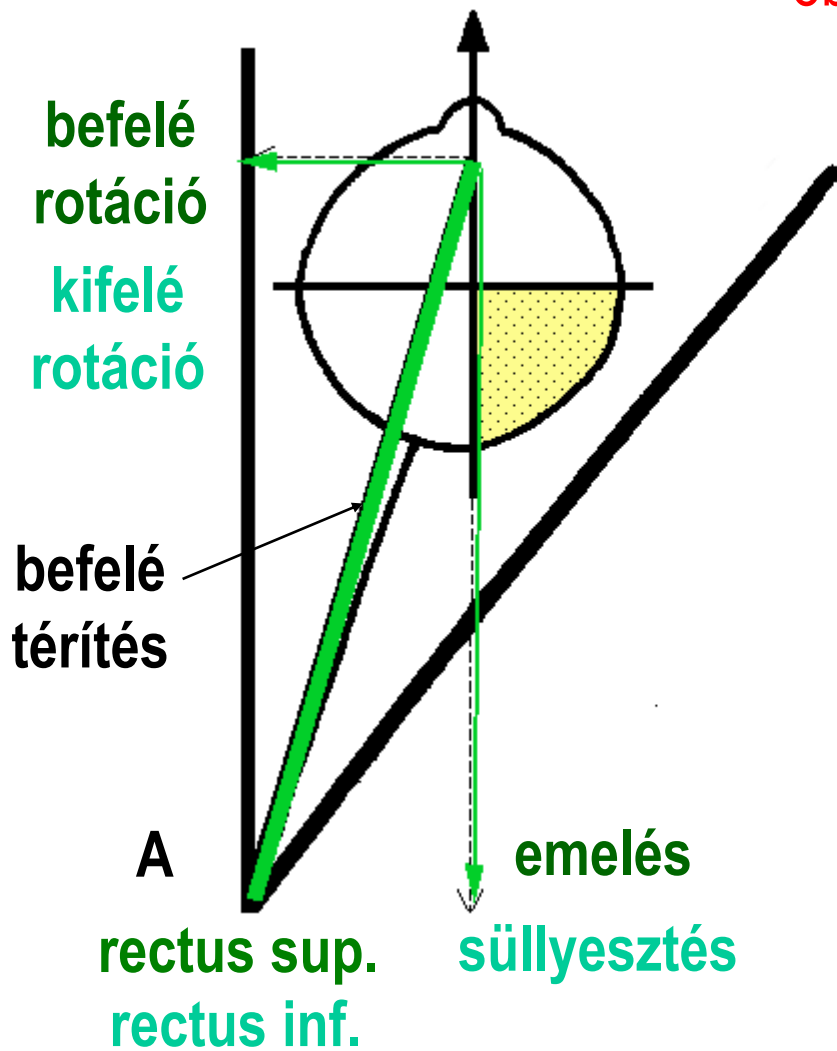
A hengerítés fogalma



A superior izmok irányvektorai I.

A **rectus superior** és **inferior** izmok működése

obliquus sup.

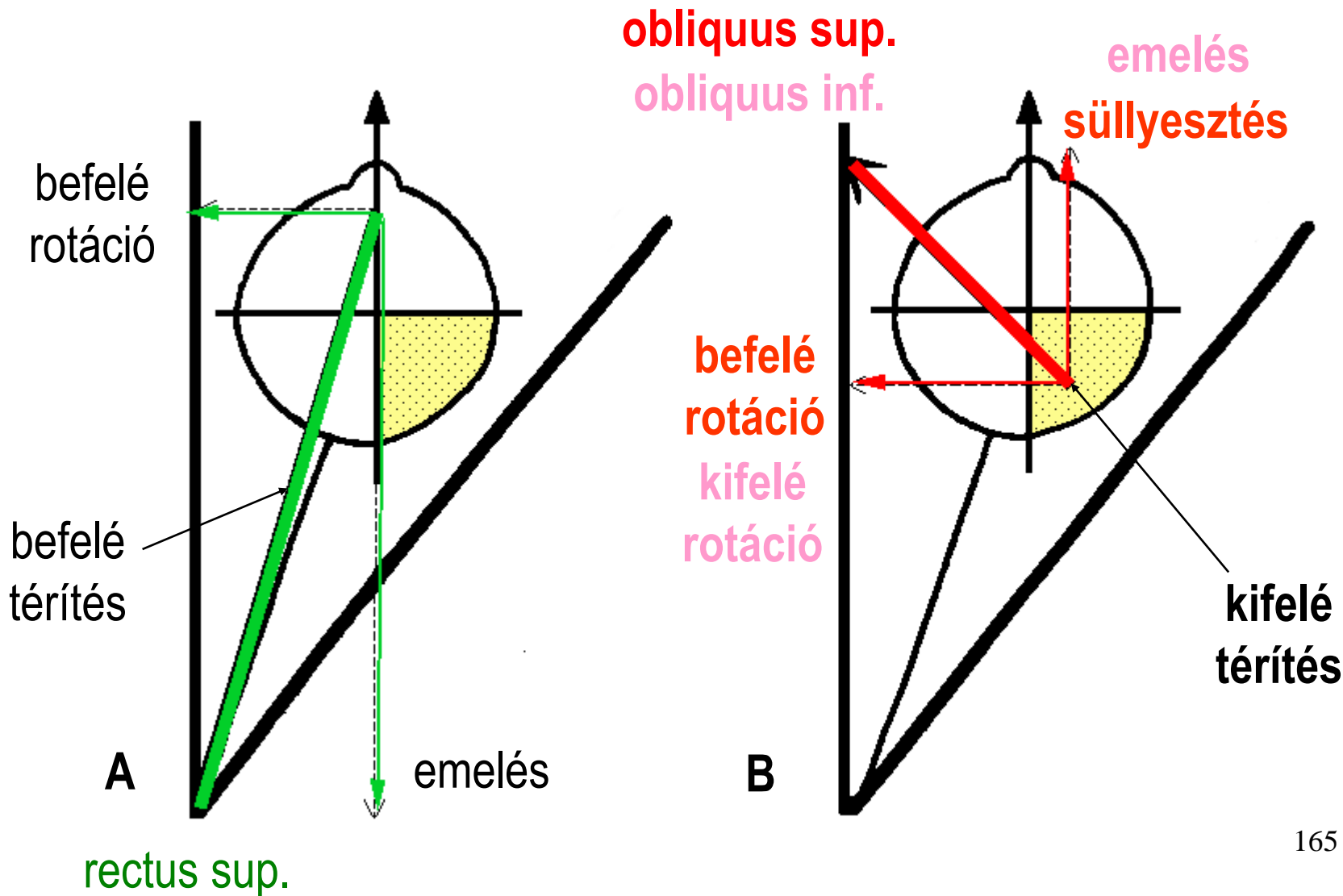


A rectus superior és inferior izmok működése

		FUNKCIÓ	Térítés	Függőleg tekintés	Rotáció
		TENGELY	VERT.	TRANS.	SAGITT.
BÉNULÁS	N.	IZOM			
KONVERGENCIA NINCS LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus med.	Befelé	-	-
MED STRABISMUS	VI	Rectus lat.	Kifelé	-	-
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus sup.	Befelé	Felfelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus inf.	Befelé	Lefelé	Kifelé
MED STR., FEL, KI HENG	IV	Obliq. sup.	Kifelé	Lefelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Obliq. inf.	Kifelé	Felfelé	Kifelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	4 III.-Izom	kevert	kevert	kevert
PTOSIS	III	Levator palp.	Felső szemhéj emelés		
MYDRIASIS, x fényreakció	III	Sphincter p.	Pupillaszűkület (miosis)		
NINCS AKKOMODÁCIÓ	III	M. ciliaris	Lencse előremozdul (akkomod.)		

A superior izmok irányvektorai II.

Az **obliquus superior** és **inferior** izmok működése



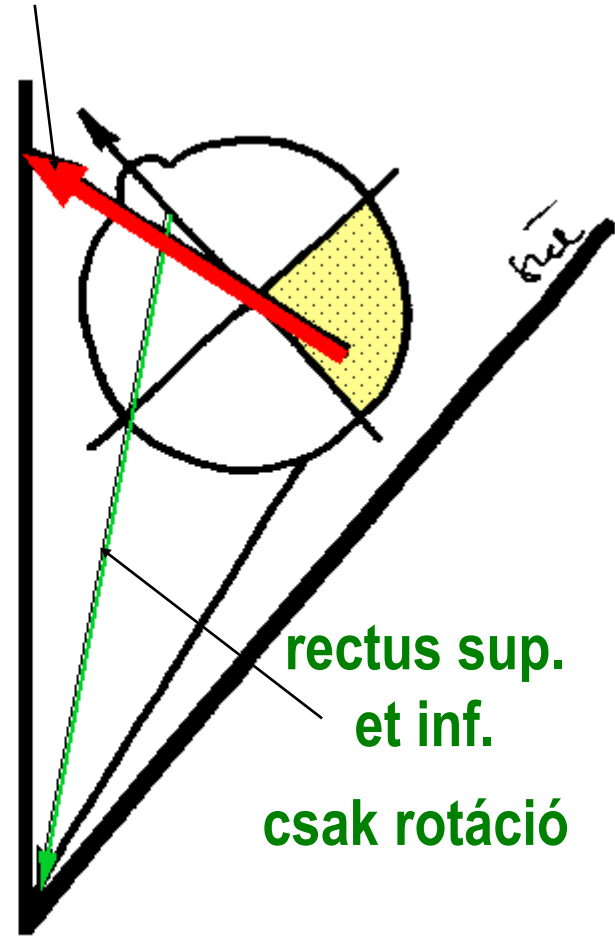
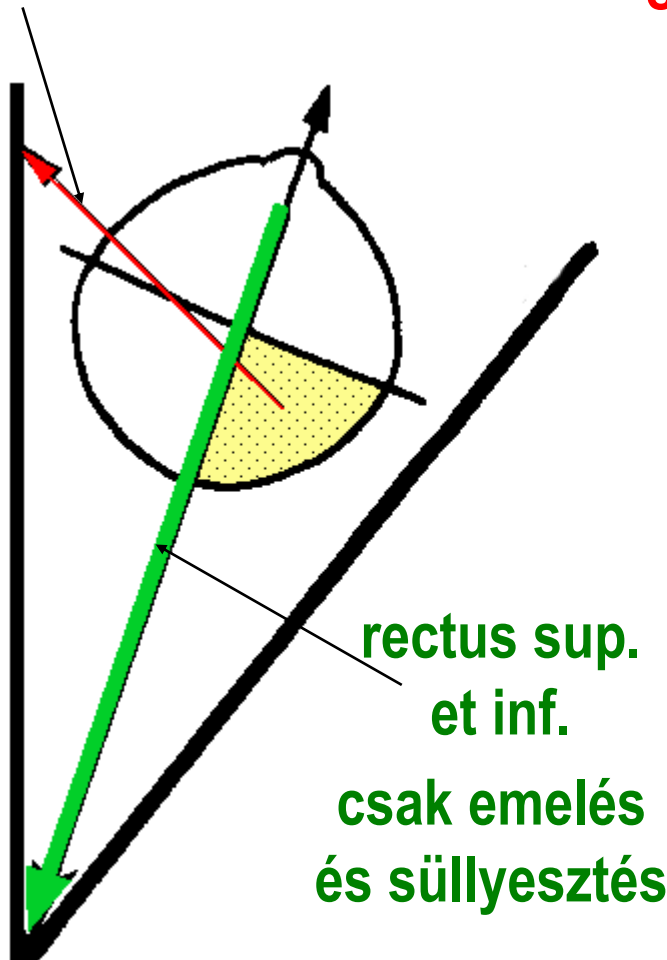
Az obliquus superior és inferior izmok működése

		FUNKCIÓ	Térítés	Függőleg tekintés	Rotáció
		TENGELY	VERT.	TRANS.	SAGITT.
BÉNULÁS	N.	IZOM			
KONVERGENCIA NINCS LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus med.	Befelé	-	-
MED STRABISMUS LAT STR., LE, BE HENG.	VI	Rectus lat.	Kifelé	-	-
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus sup.	Befelé	Felfelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Rectus inf.	Befelé	Lefelé	Kifelé
MED STR., FEL, KI HENG	IV	Obliq. sup.	Kifelé	Lefelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	Obliq. inf.	Kifelé	Felfelé	Kifelé
LAT STR., LE, BE HENG.	III	4 III.-Izom	kevert	kevert	kevert
PTOSIS	III	Levator palp.	Felső szemhéj emelés		
MYDRIASIS, x fényreakció	III	Sphincter p.	Pupillaszűkület (miosis)		
NINCS AKKOMODÁCIÓ	III	M. ciliaris	Lencse előremozdul (akkomod.)		

Szemizmok működése a szemgolyó extrém pozícióiban

**obliquus
sup. et inf. csak
rotáció**

**obliquus
sup. et inf. csak süllyesztés
és emelés**



A
teljes kifelé térítés

B
teljes befelé térítés

A III., IV. és VI. agyidegek bénulása

		FUNKCIÓ	Térítés	Függőleg tekintés	Rotáció
		TENGELY	VERT.	TRANS.	SAGITT.
BÉNULÁS	N.	IZOM			
KONVERGENCIA NINCS LAT STR., LE, BE HENG	III	Rectus med.	Befelé	-	-
MED STRABISMUS	VI	Rectus lat.	Kifelé	-	-
LAT STR., LE, BE HENG	III	Rectus sup.	Befelé	Felfelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG	III	Rectus inf.	Befelé	Lefelé	Kifelé
MED STR., FEL, KI HENG	IV	Obliq. sup.	Kifelé	Lefelé	Befelé
LAT STR., LE, BE HENG	III	Obliq. inf.	Kifelé	Felfelé	Kifelé
LAT STR., LE, BE HENG	III	4 III.-Izom	kevert	kevert	kevert
PTOSIS	III	Levator palp.	Felső szemhéj emelés		
MYDRIASIS, x fényreakció	III	Sphincter p.	Pupillaszűkület (miosis)		
NINCS AKKOMODÁCIÓ	III	M. ciliaris	Lencse előremozdul (akkomod.)		

Kancsalság (heterotropia, strabizmus)

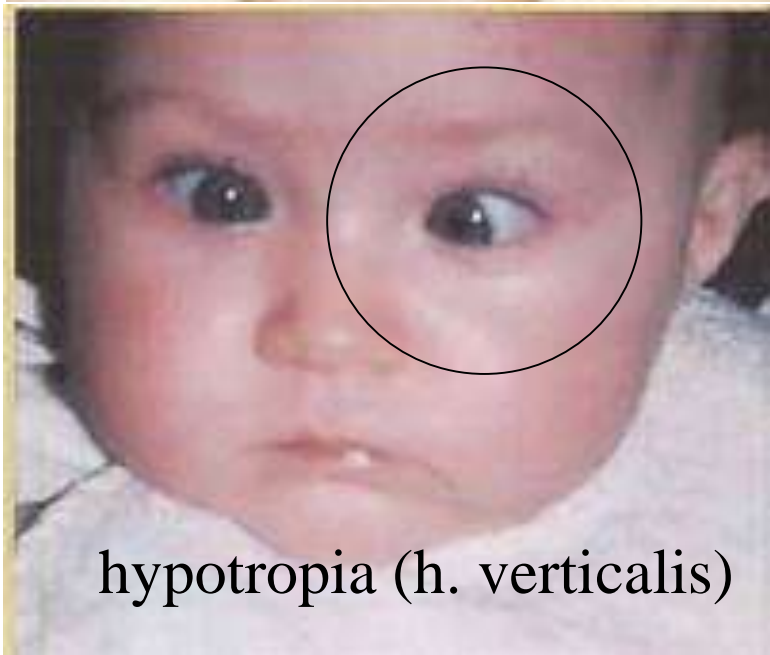
esotropia (h. convergens)



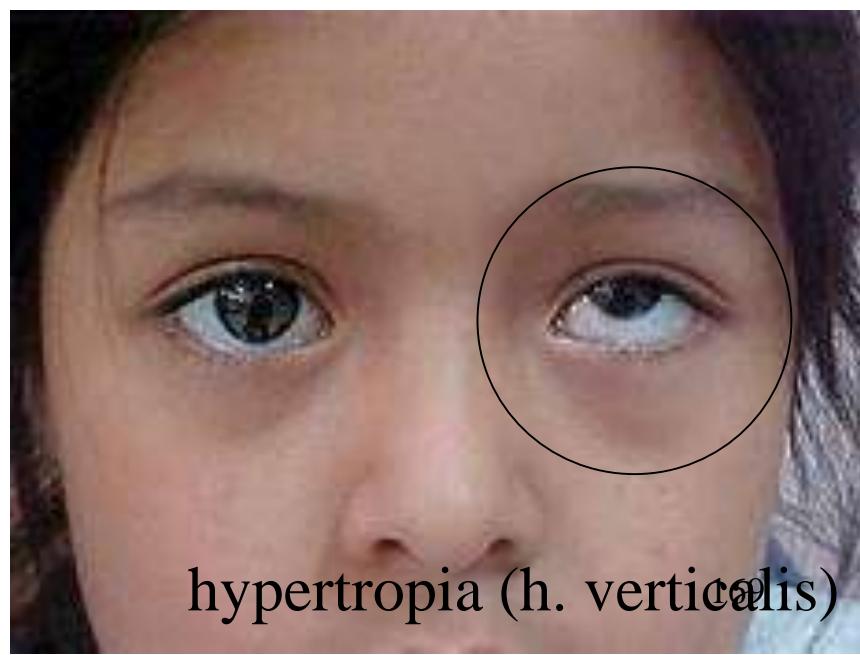
exotropia (h. divergens)



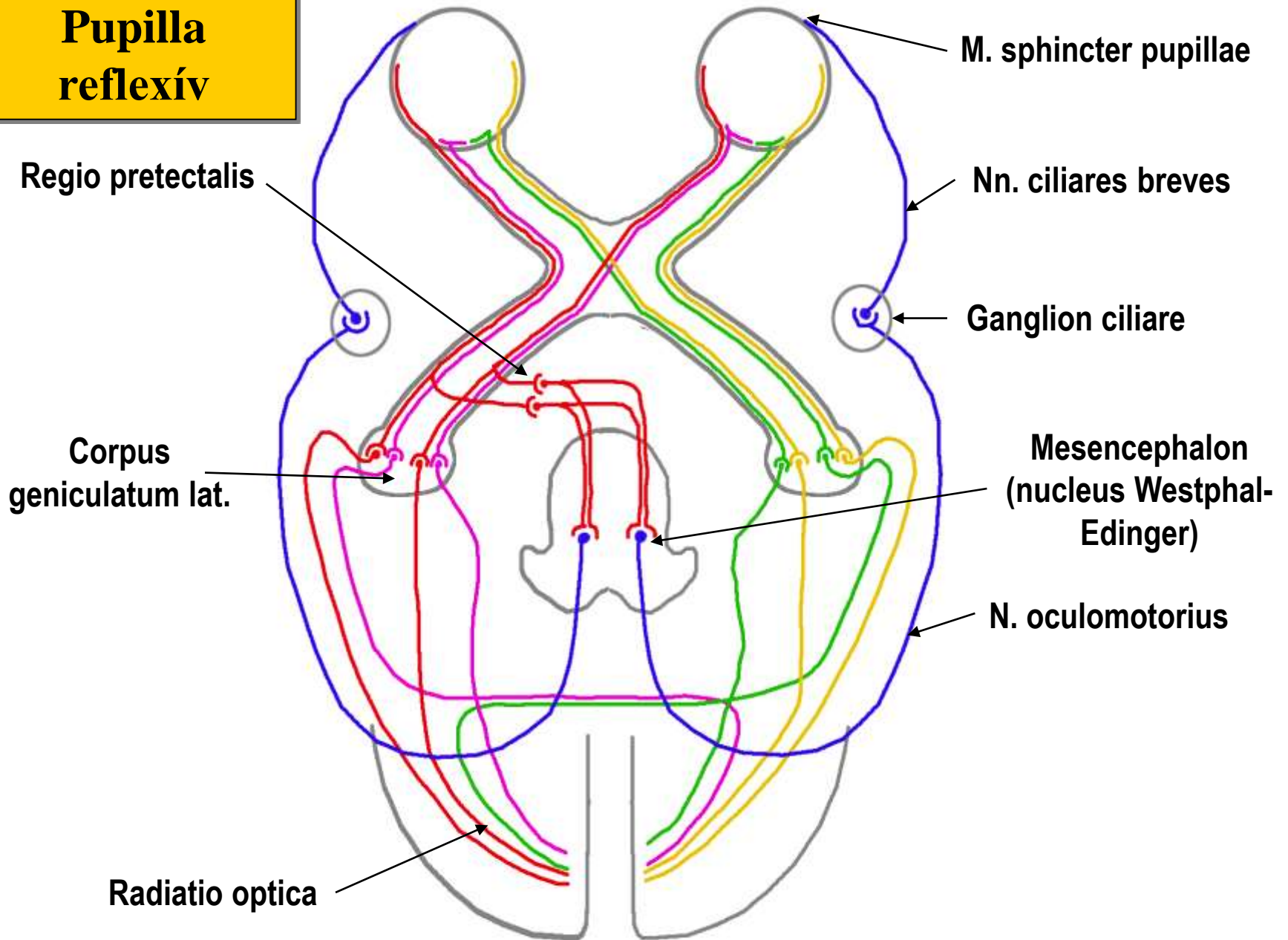
hypotropia (h. verticalis)



hypertropia (h. verticalis)



Pupilla reflexív

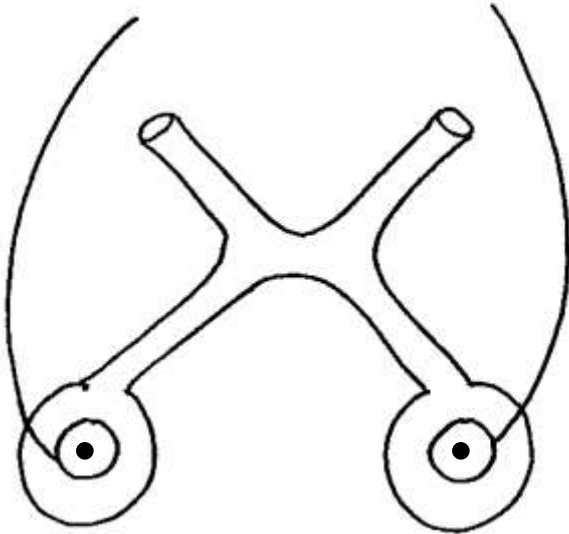
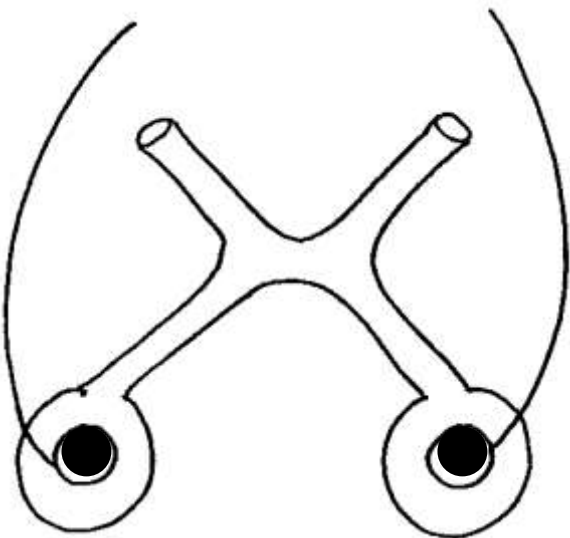


Normális pupilla- (fény-) reflex

Sötétség: mko. tág pupillák

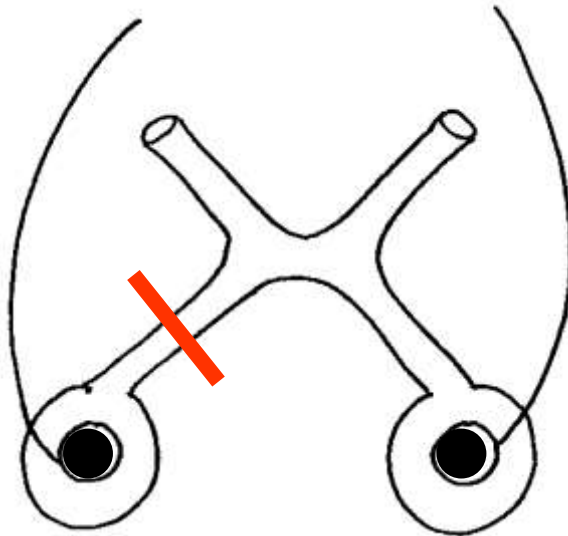
Direkt reakció

Consensualis reakció



Abnormális pupilla (fény) reflex: n. opticus károsodása

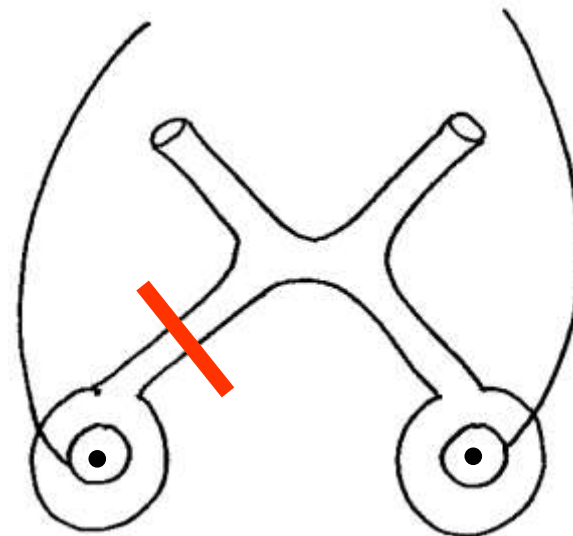
Nincs reakció



Megvilágítás a vak szem felől

Consensual reakció

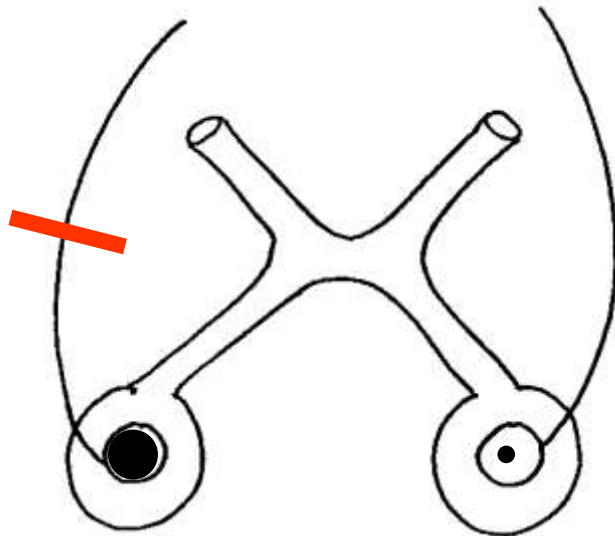
Direkt reakció



Megvilágítás az egészséges szem felől

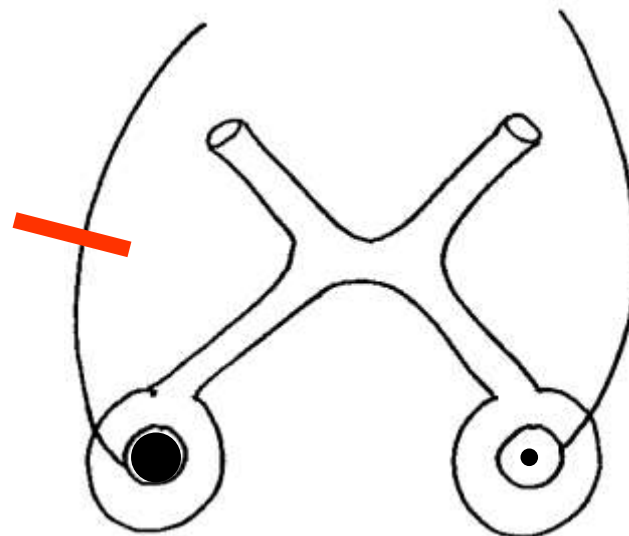
Abnormális pupilla (fény) reflex: efferens ideg károsodása

Nincs reakció Consensualis
reakció



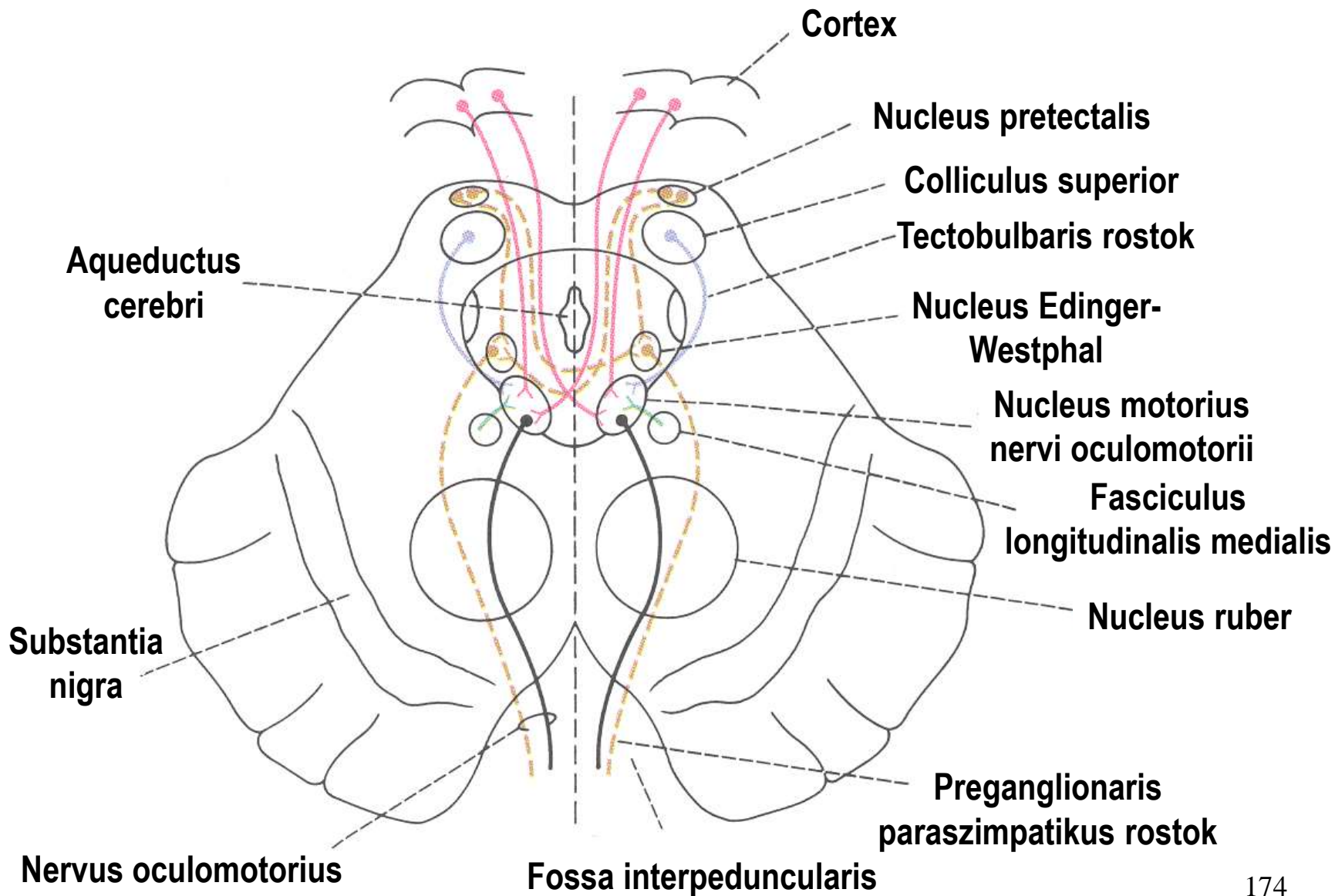
Megvilágítás a ledált
oldal felől

Nincs reakció Direkt
reakció

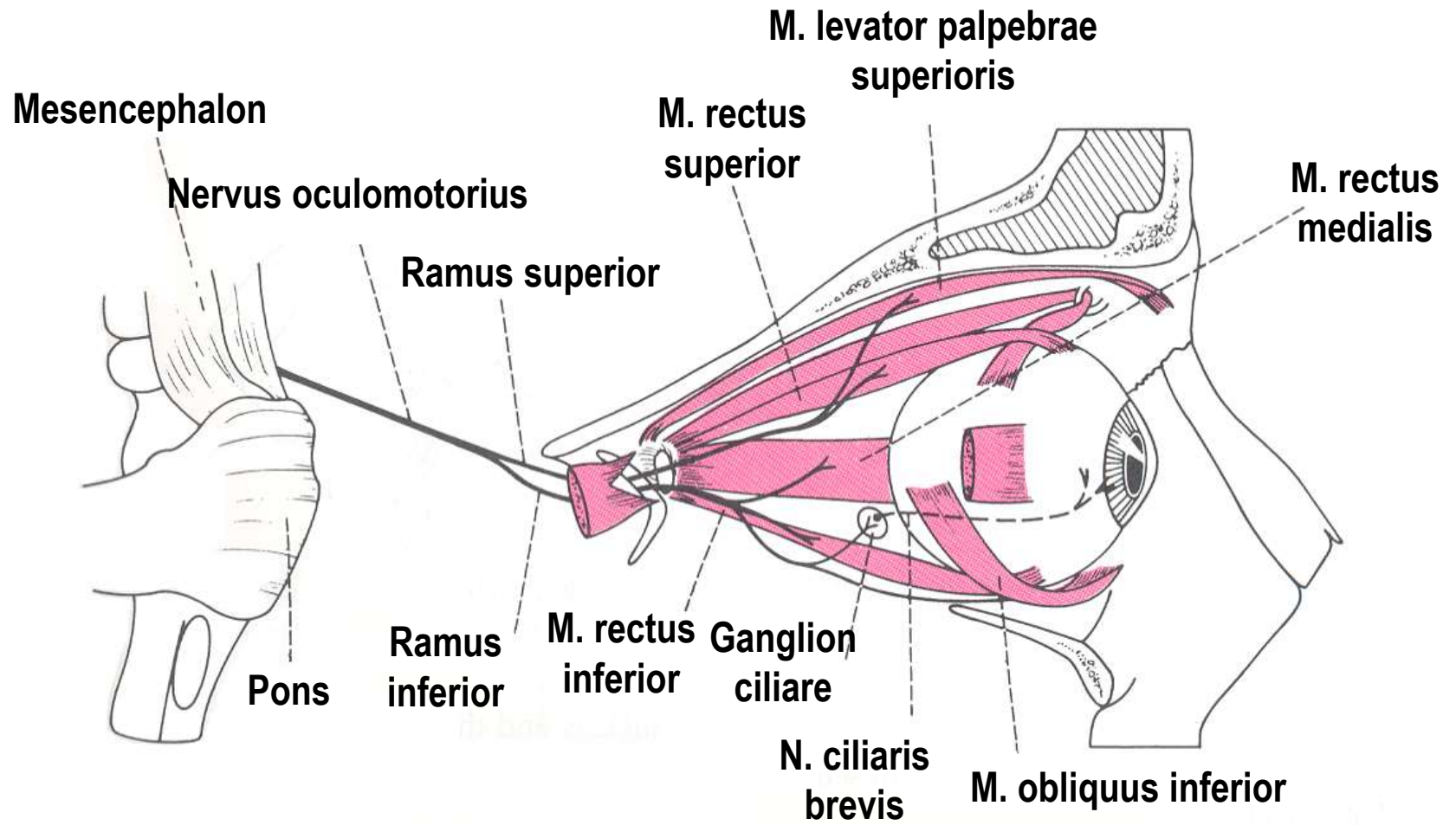


Megvilágítás az
egészséges oldal felől

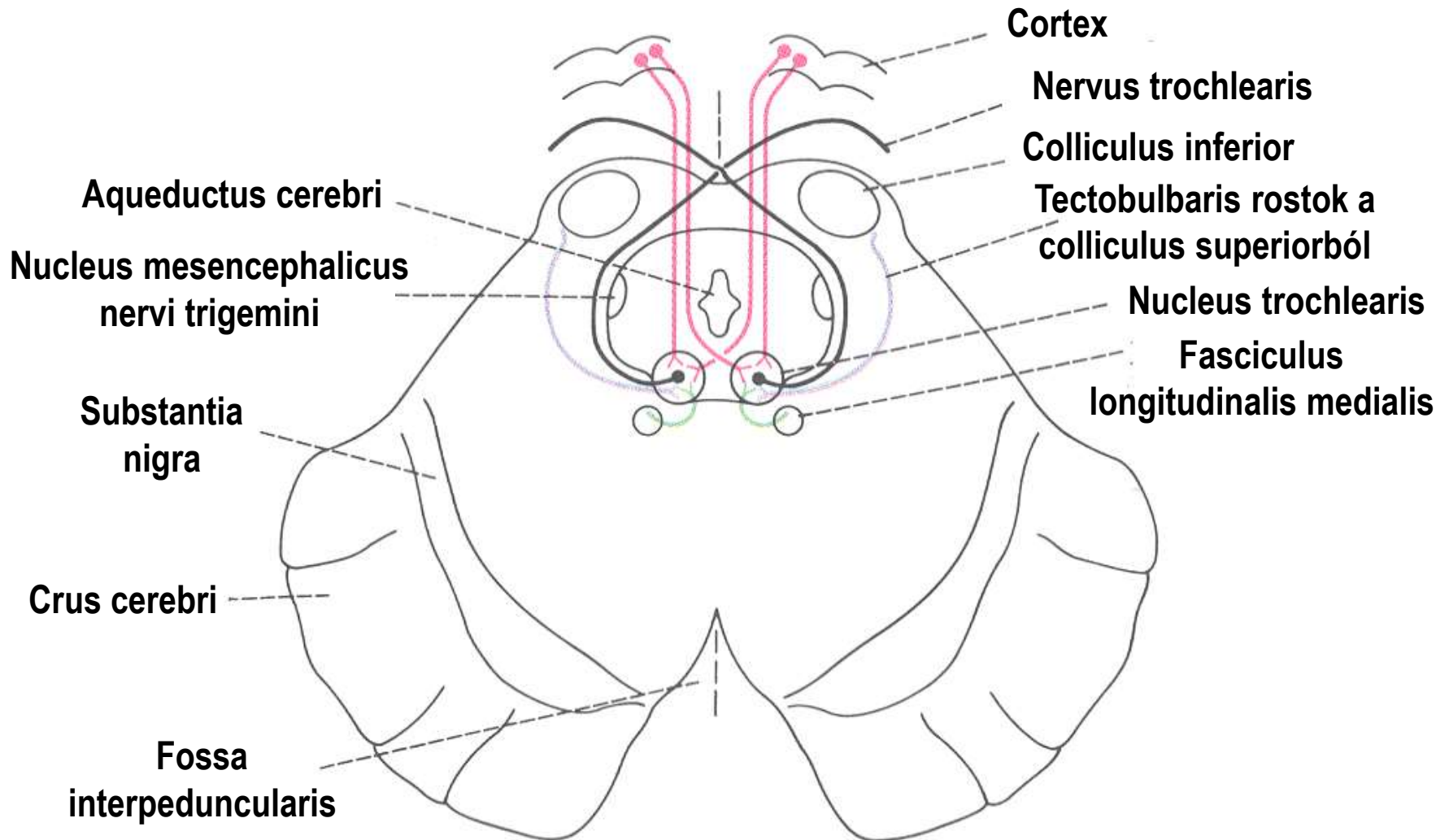
A nervus oculomotorius magjai és központi kapcsolatai



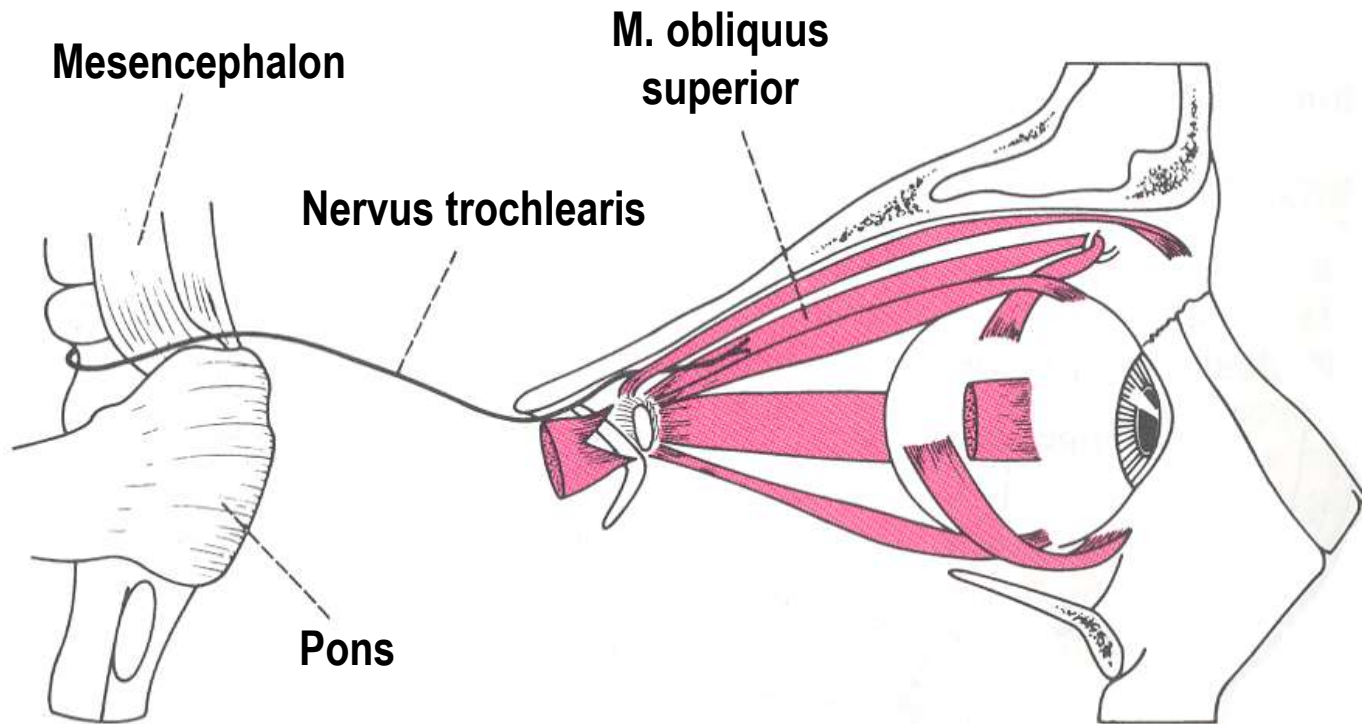
A nervus oculomotorius makroszkópiája



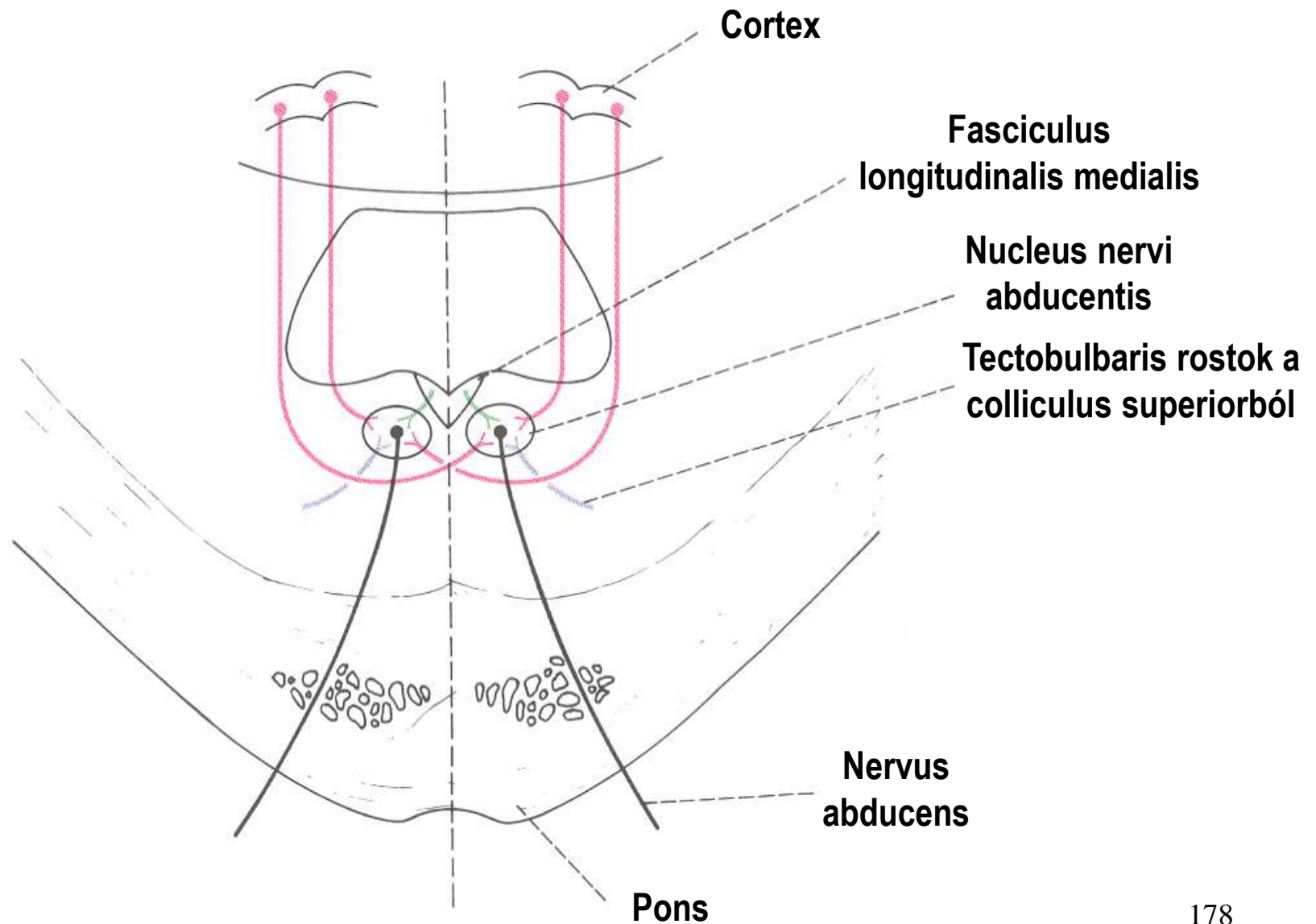
A nervus trochlearis magja és központi kapcsolatai



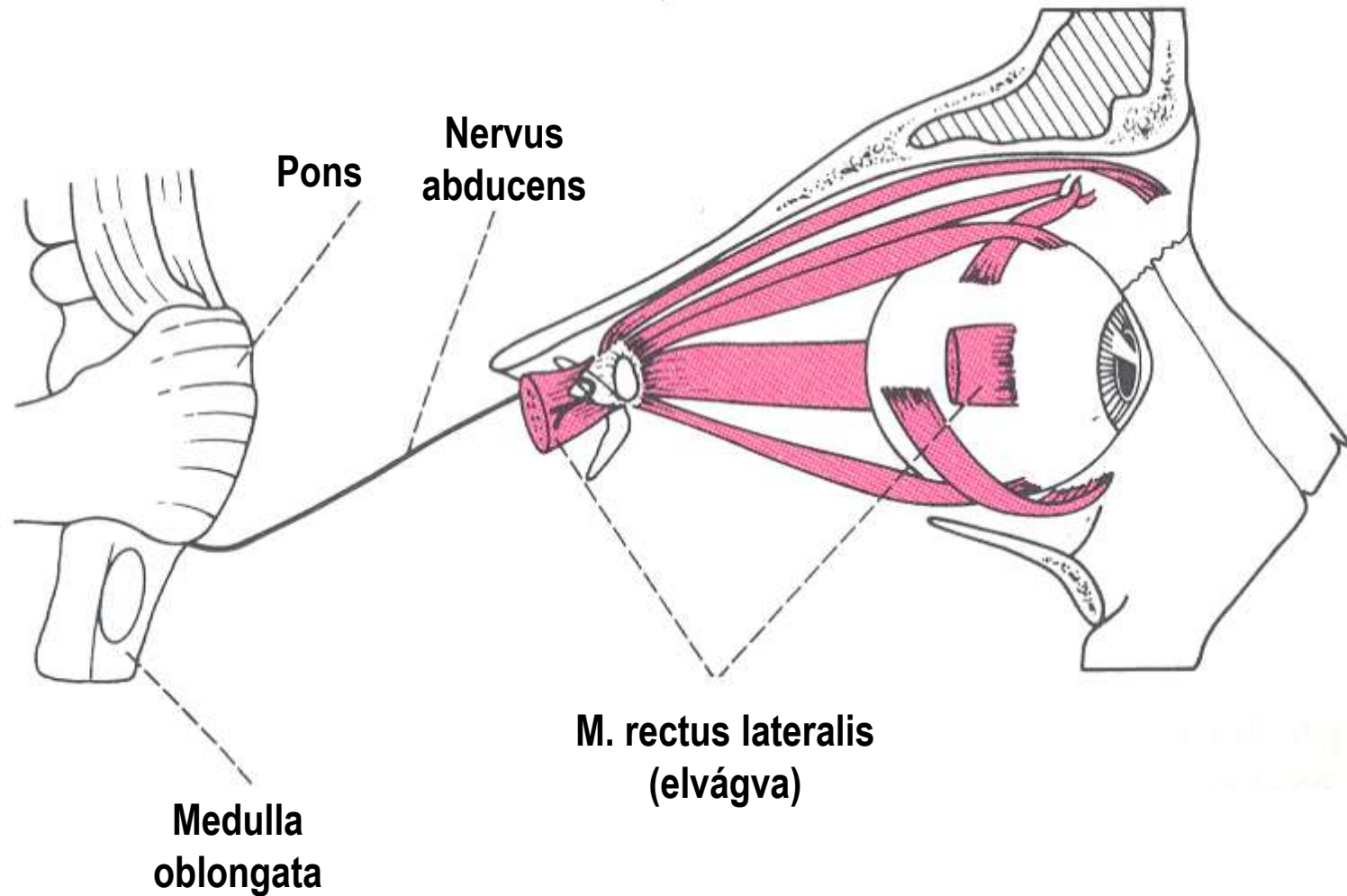
A nervus trochlearis makroszkópiája



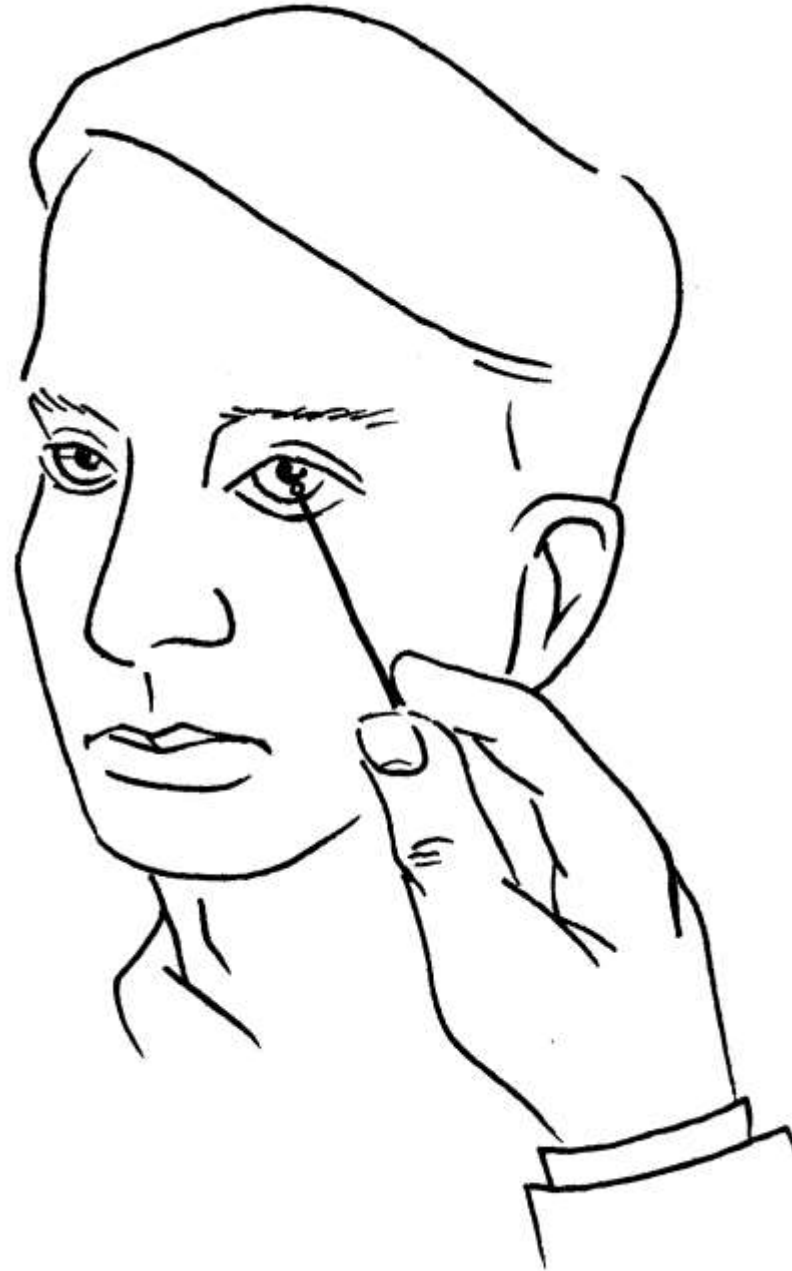
A nervus abducens magja és központi kapcsolatai



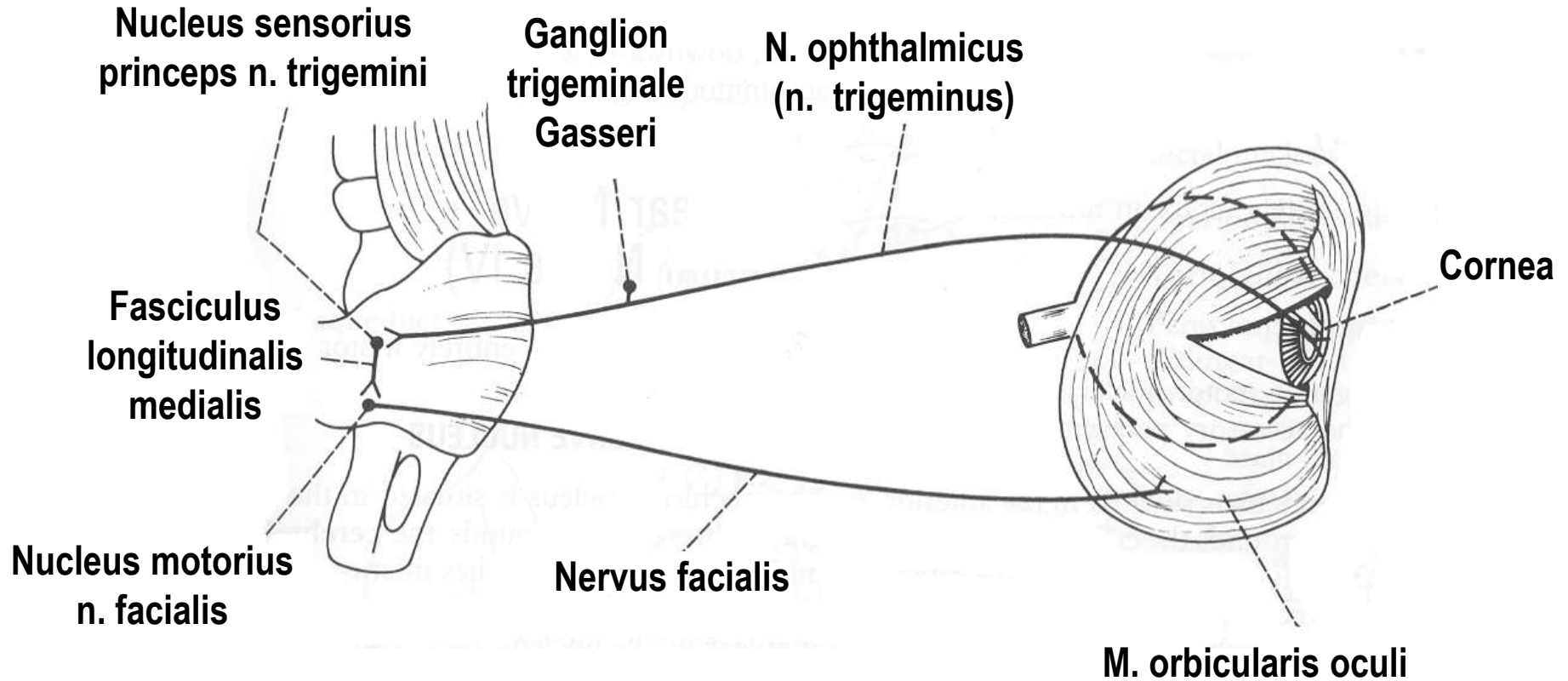
A nervus abducens makroszkópiája



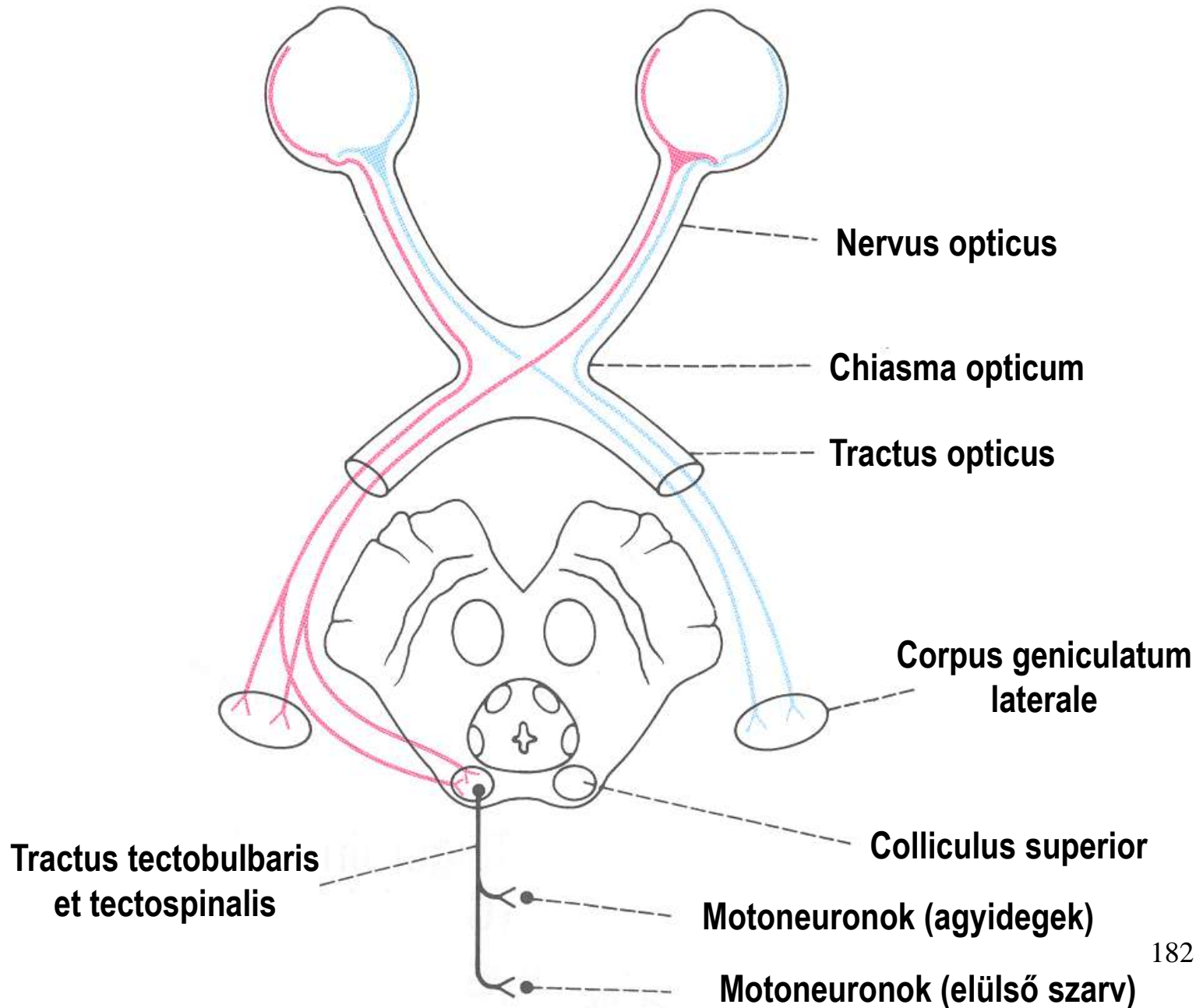
Cornea- és conjunctiva reflexek



A cornea- (és conjunctiva-) reflex reflexíve



A cornea-reflex motoros hatásai



Mesencephalon

Ganglion ciliare, a szemizmok vegetatív beidegzése

N. Westphal-Edinger (III.)

M. ciliaris,
M. sphincter pupillae

Nn. ciliares breves

R. inf. n. oculomotorii
Radix brevis (motoria)

Pons

Ganglion trigeminale

Ganglion ciliare

Lemniscus trigeminalis

Nucleus sensorius n. V.

N. nasociliaris
Radix longa (sensoria)

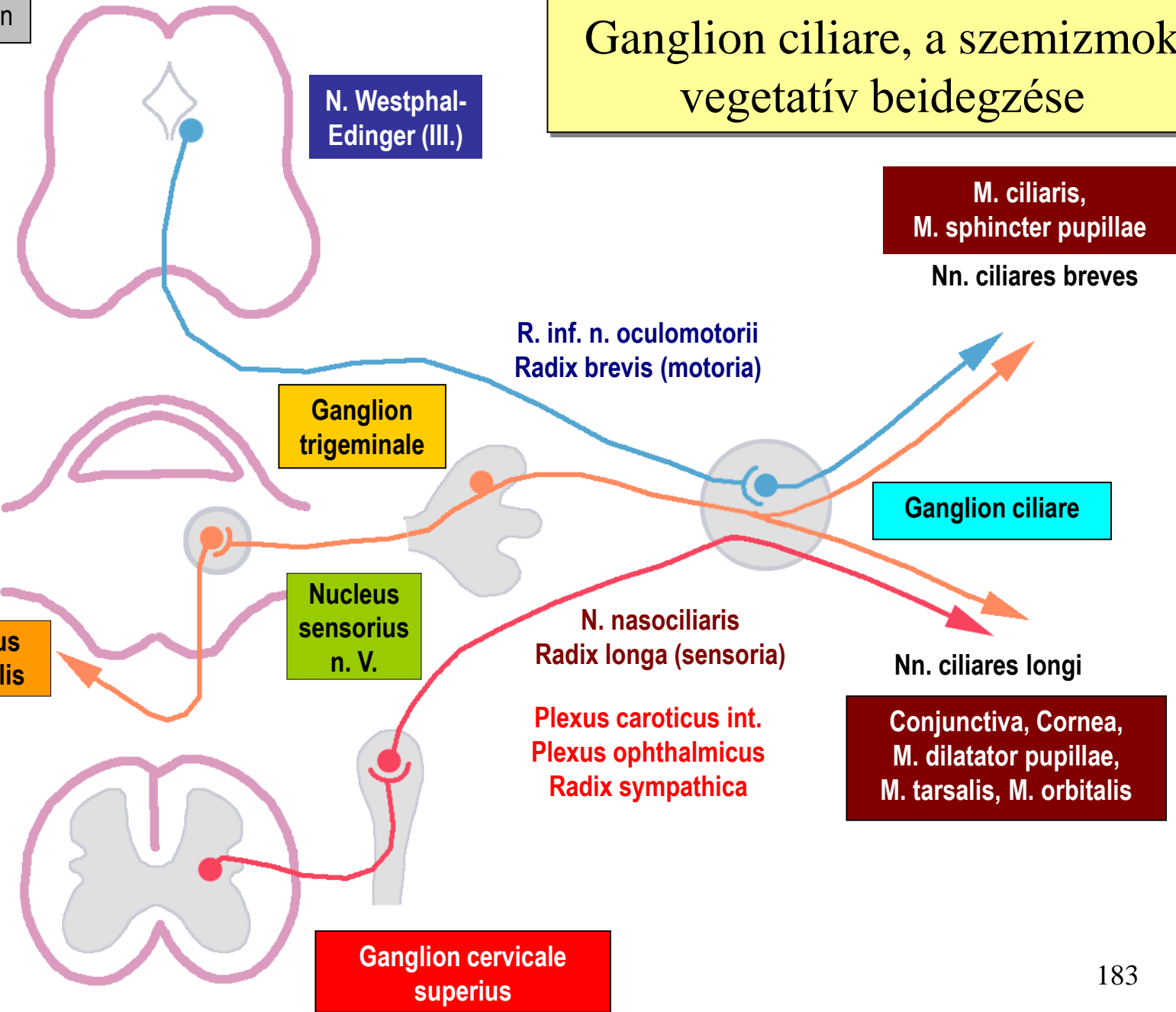
Nn. ciliares longi

Plexus caroticus int.
Plexus ophthalmicus
Radix sympathica

Conjunctiva, Cornea,
M. dilatator pupillae,
M. tarsalis, M. orbitalis

Medulla spinalis

Ganglion cervicale superius



A n. canalis pterygoidei kialakulása

Parasympathicus

VII.

Sympathicus

**N. petrosus
major**

+

**N. petrosus
profundus**

=

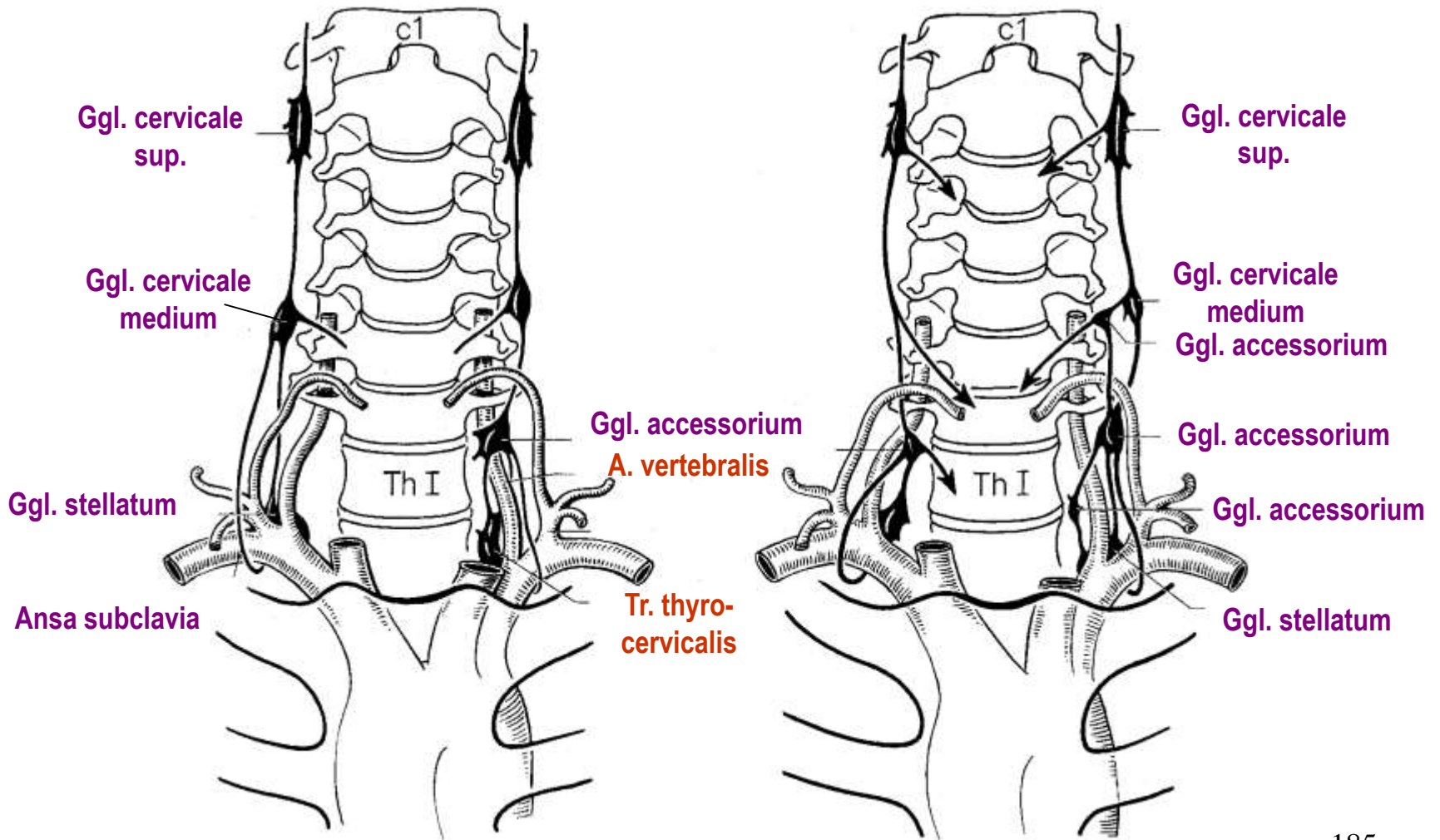
**N. canalis pterygoidei
(Vidianus)**

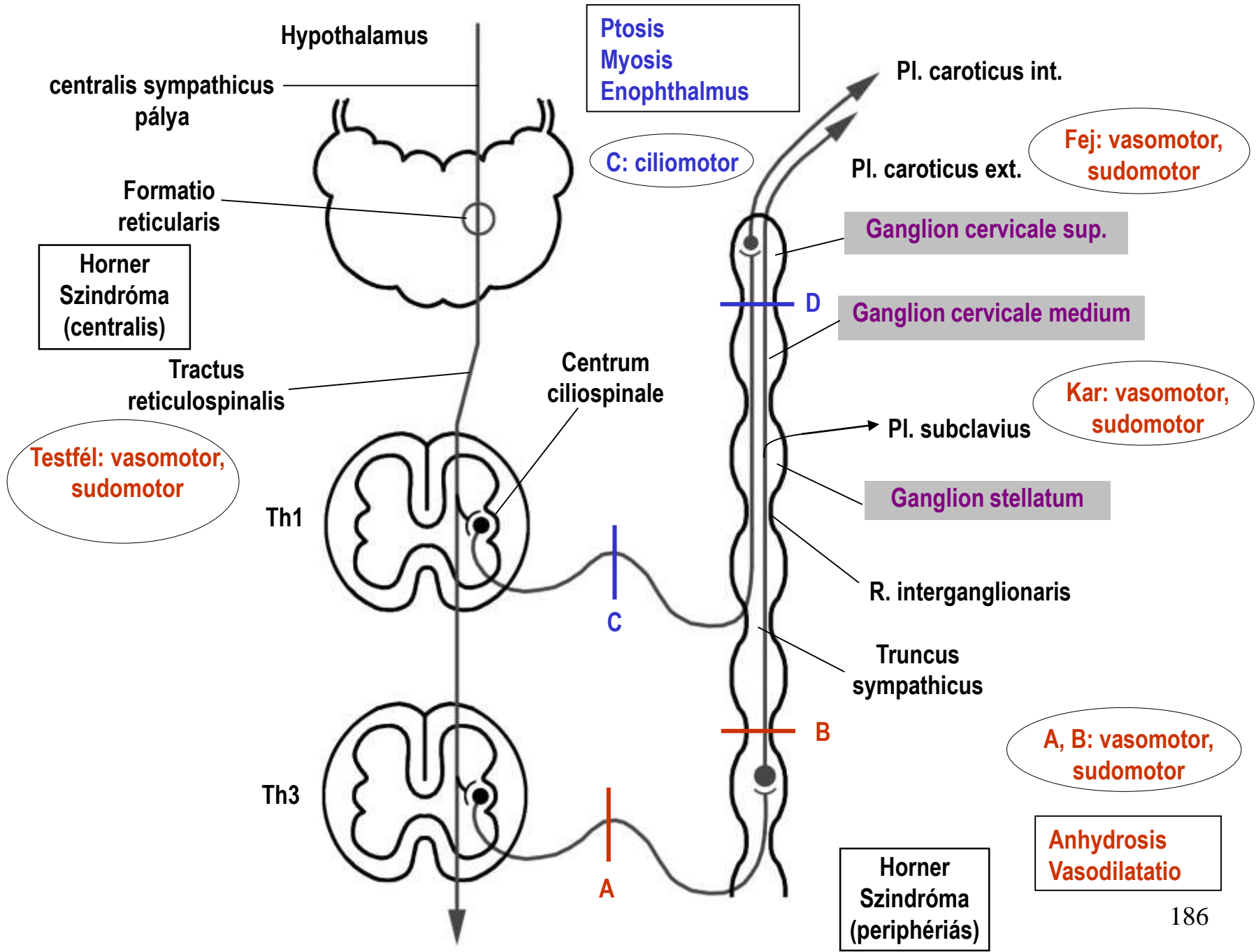
Canalis facialis
Canalis n. petrosi majoris
Hiatus canalis n. petrosi majoris
Sulcus nervi petrosi majoris
Foramen lacerum
Canalis pterygoideus

Canalis caroticus
Foramen lacerum
Canalis pterygoideus

Canalis pterygoideus
Foramen
pterygopalatinum

A nyaki sympathicus topográfiája





A Horner szindróma tüneteinek kombinációi

	Horner-Trias	Vaso-, sudomotor
Neuron I. (central)	+	Teljes testfél
A (n. spinalis)	-	Kar és fej
B (tr. sympatheticus)	-	Kar és fej
C (n. spinalis)	+	Kar
D (tr. sympatheticus)	+	Fej
Pl. caroticus int.	+	-
Plexus brachialis	-	Kar

Bal oldali Horner szindróma: ptosis, myosis, enophthalmus



Irodalom:

Ross MH. Histology. A Text and Atlas (Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2003)

Moore KL, Dalley AF. Clinically Oriented Anatomy (Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 1999)

Oyster CW. The Human Eye (Sinauer Associates, Inc. (Sunderland, Massachusetts, 1999)

Wright KW. Textbook of Ophthalmology (Williams and Wilkins, Baltimore, 1997)

Carlson BM. Human Embryology and Developmental Biology (Mosby, Philadelphia, 2004)

Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of Neural Science (McGraw Hill, New York, 2000)

Nagy ZZ. Painting and the Eye. In: DHS (Akadémiai Kiadó, 2018)

Csillag A. Sensory Organs (Humana Press, 2005)

Feneis H. Pocket Atlas of Human Anatomy (Thieme, 1994)