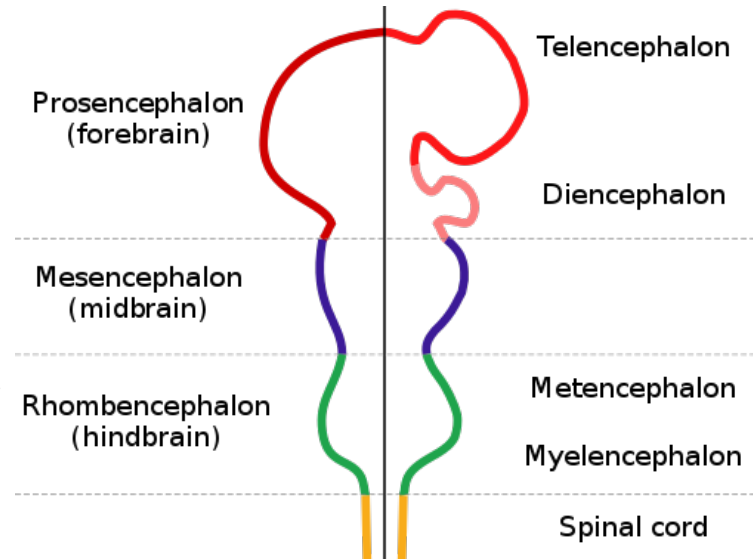


Érzékszervek

Gerincesek látószervei:

Laterális szemek:

- *Prosencephalon*ból fejlődnek
- Föld felszín közelében végbemenő mozgások, tárgyak érzékelése

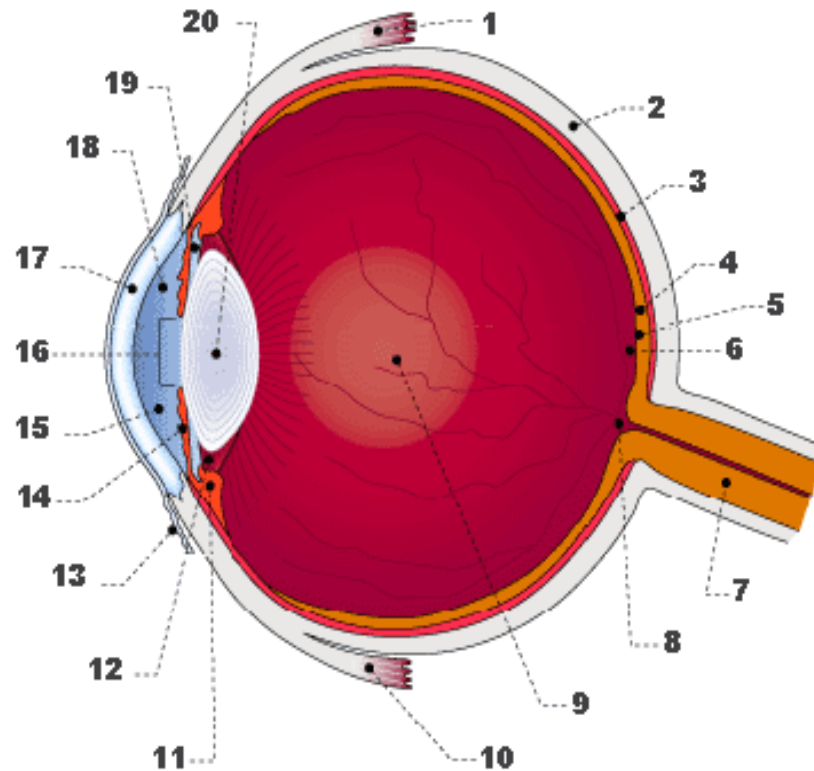


Fejtetői fényérzékelő szervek:

- *Diencephalon* tetőlemezből → fejtetői szem és tobozmirigy
- Ósi vízi lényeknél alakult ki, egyes kétélűeknél, hüllőknél megmaradt
- Égbolt felé fordulnak, fénymérőként működnek
- **tobozmirigy**: napszakos, évszakos ritmust alakítják ki, emlősöknél is fennmaradt (melatonin termelés)

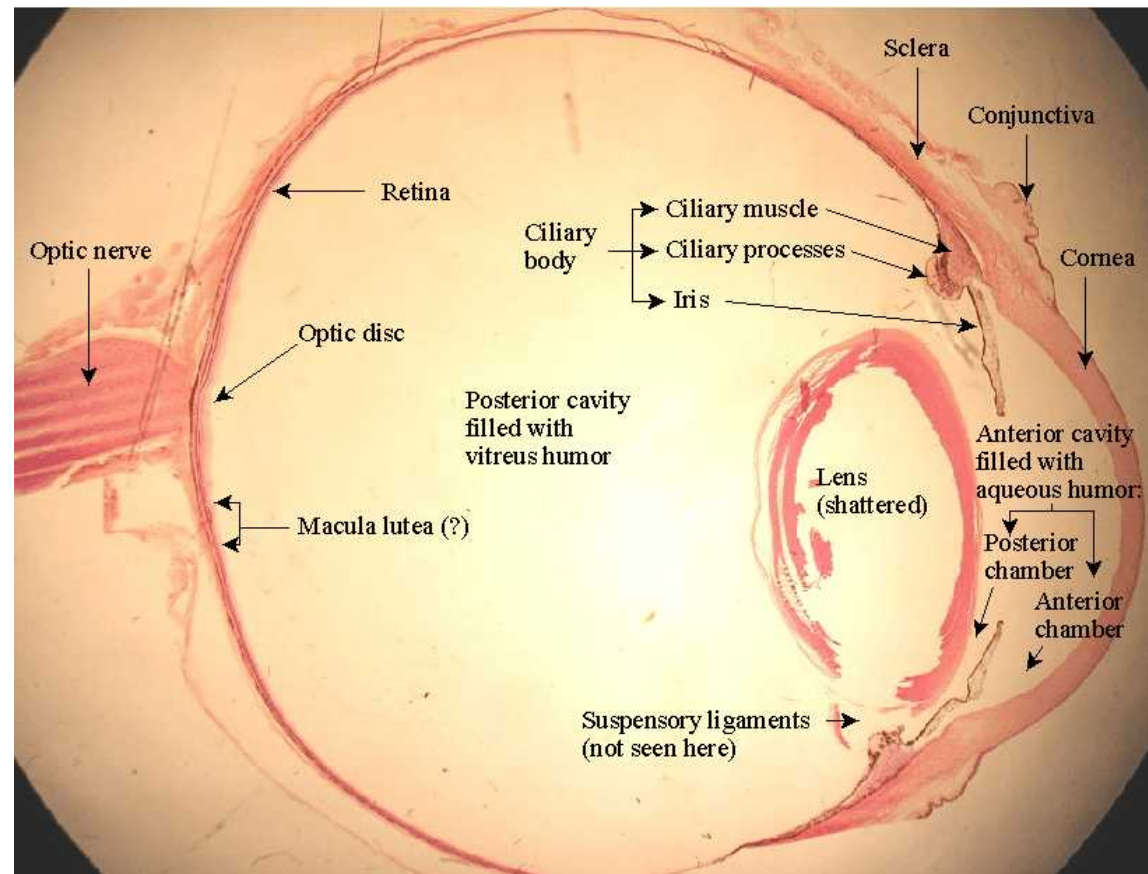
Szem szövettana:

- 1 musculus rectus lateralis
- 2 ínhártya - sclera
- 3 érhártya - choroidea
- 4 Ideghártya - retina
- 5 macula - macula retinae, sárgafolt
- 6 fovea
- 7 szemideg
- 8 a látóideg kilépése - vakfolt
- 9 Üvegtest: kollagén, hialuronsav
- 10 musculus rectus medialis
- 11 sugárizom
- 12 lencsefüggesztő készülék
- 13 konjunktíva - kötőhártya, conjunctiva. szaruhártya hámja
- 14 irisz - szivárványhártya
- 15 szemnedv
- 16 pupilla - szembogár
- 17 cornea - a szem szaruhártyája
- 18 anterior szemcsarnok
- 19 posterior szemcsarnok
- 20 lencse



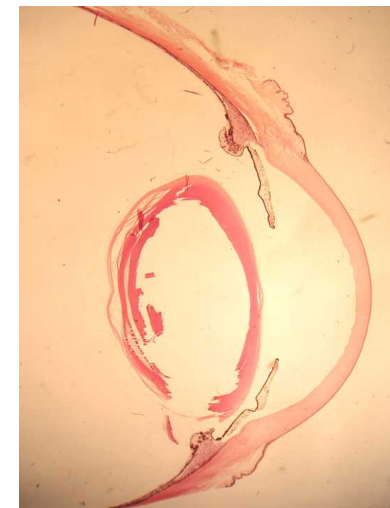
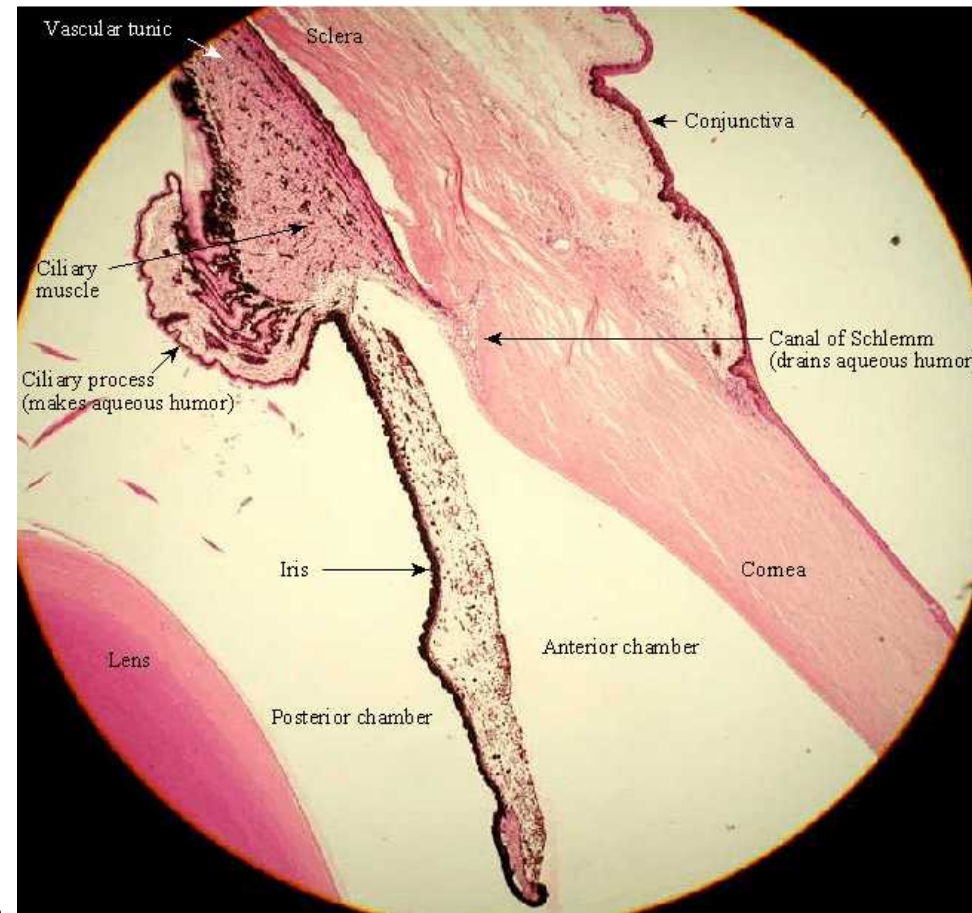
Az emberi szemgolyó (bulbus oculi) felépítése:

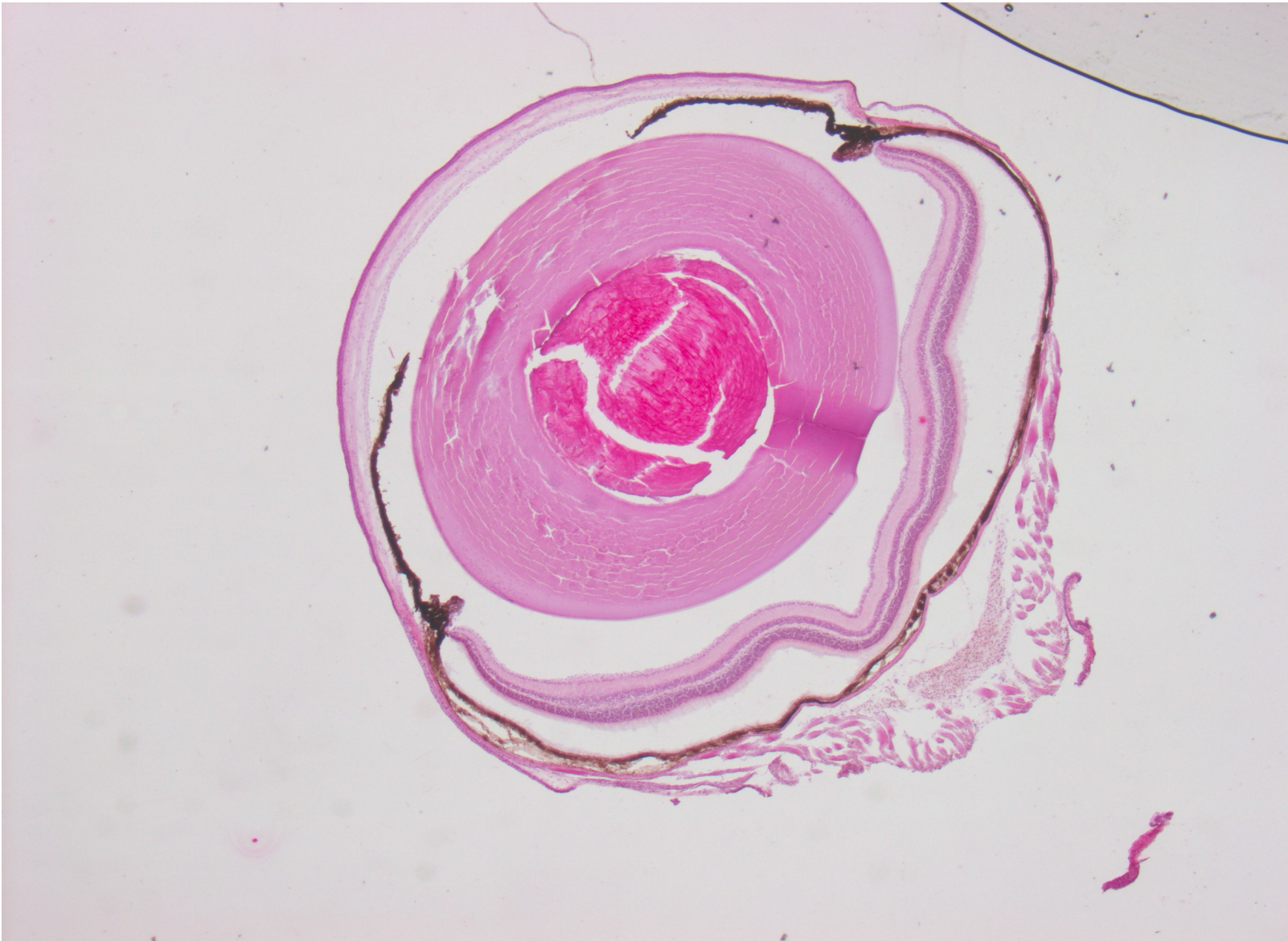
- külső, rostos burok: tunica fibrosa
 - a dura mater folytatása
 - részei: ínhártya (**sclera**), és elöl az átlátszó szaruhártya (**cornea**)
 - corneascleralis határon:
 - csarnokzug és
 - Schlemm-csatorna (elvezeti a csarnokvizet a szem vénáin keresztül)



40x nagyítás

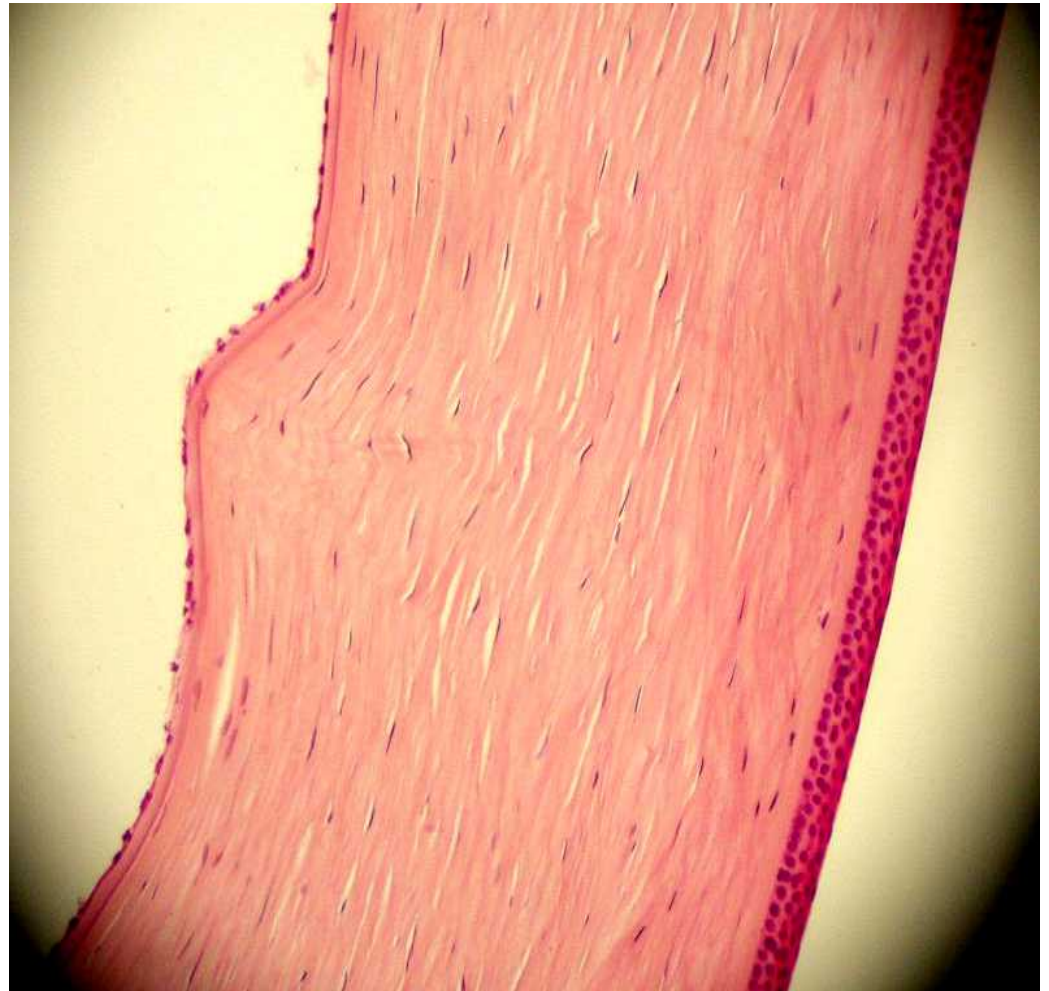
- tunica vascularis
 - lágy agyhártya hosszabbítása
 - tápláló érhártya (**choroidea**)
 - elöl a sugártestben (corpus ciliare) és a szivárványhártyában (**iris**) folytatódik
- a sugártest feladata a szemlencse felfüggesztése és az akkomodáció
- az iris elválasztja az elülső és hátsó szemcsarnokot, de a pupilla részen hiányzik, ott van közlekedés
 - ha lezáródik / elfolyási akadály: **zöldhályog (glaucoma)**

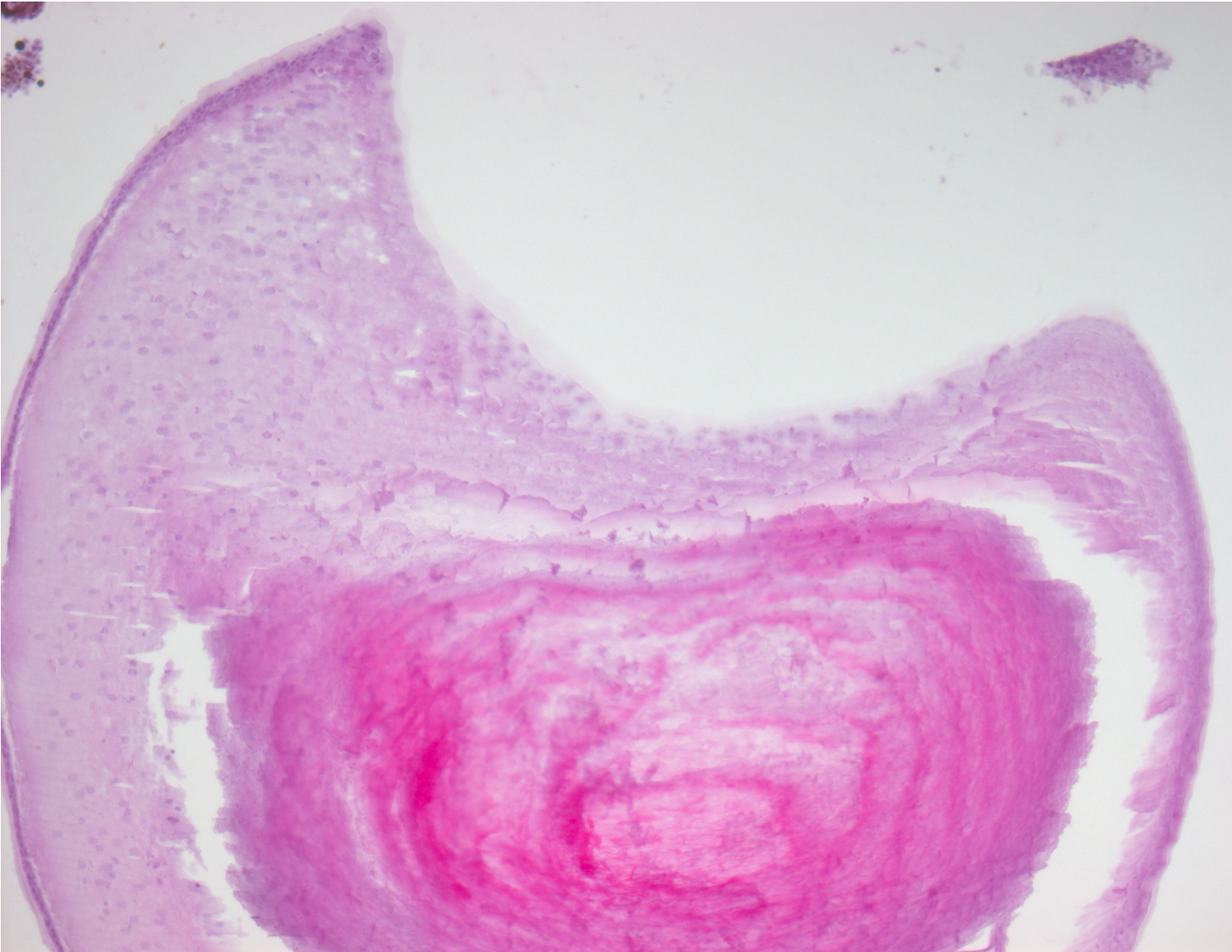




Egér szem keresztmetszet H&E festés

Szaruhártya 200x
külső felszínen többrétegű el nem
szarusodó laphám, Közepén
kollagén rostokat tartalmazó
substantia propia.





Szemlencse : felszíni rostok sejtmagvakkal, mag régió: átlátszó citoplazmájú sejtek

Szemfenék képletei

100x nagyítás

optikus ideg a ganglionsejtek
párhuzamosan futó axonjaival

Optikus ideg kilépési helyén
nincsenek receptorsejtek: vakfolt

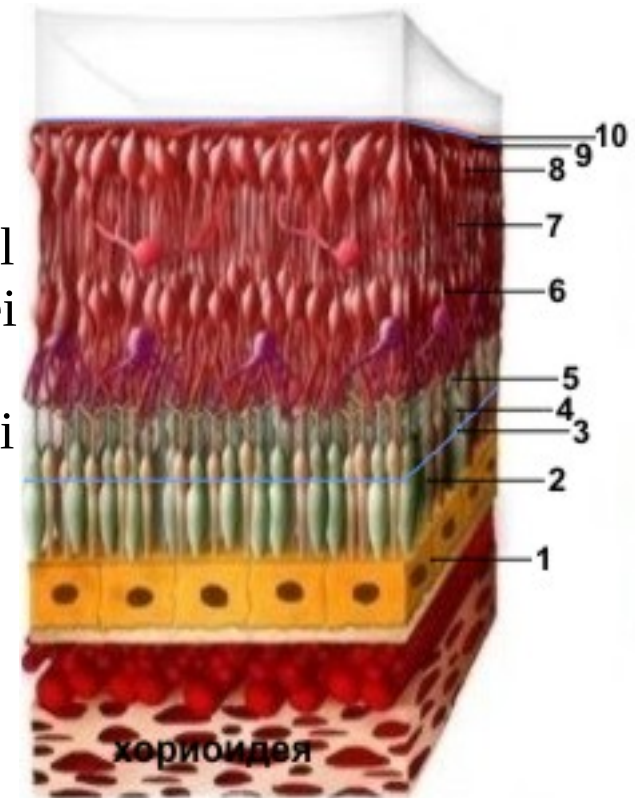
Tőle felfele van az éleslátás helye:

- sárga folt (**macula lutea**)
- helye a fovea centralis



Retina rétegei:

- **3 sejt** (kívülről befelé): **fotoreceptor sejtek** (csapok és pálcikák) – **bipoláris sejtek** (interneuronok) – **ganglion sejtek**
 - **INVERZ szem!** A fény a 10. réteg felől jön, de a feldolgozást a 2. réteg kezdi
1. réteg – pigmentsejtek PE
 2. réteg – receptorsejtek külső (a) és belső (b) szegmensei: csapok és pálcikák
 3. réteg, külső határhártya – Müller sejtek nyúlványainak tight junction-jei a belső szegmensekkel
 4. réteg, külső szemcsés réteg – receptorsejtek sejttestei a sejtmagokkal (ONL)
 5. réteg, külső rostos réteg – receptorsejtek szinapszisai (OPL)
 6. réteg, belső szemcsés réteg – interneuronok és Müller sejtek sejtmagvai (INL)
 7. réteg, belső rostos réteg – a ganglionsejtek és az interneuronok szinapszisai (IPL)
 8. réteg, ganglionsejtek (GCL)
 9. réteg, látóideg rostok
 10. réteg, belső határhártya – Müller sejtek talpai °



300x nagyítás

Ideghártya:

ganglionsejtek
bipoláris sejtek
csapok-pálcikák

Retina rétegeinél irányok:

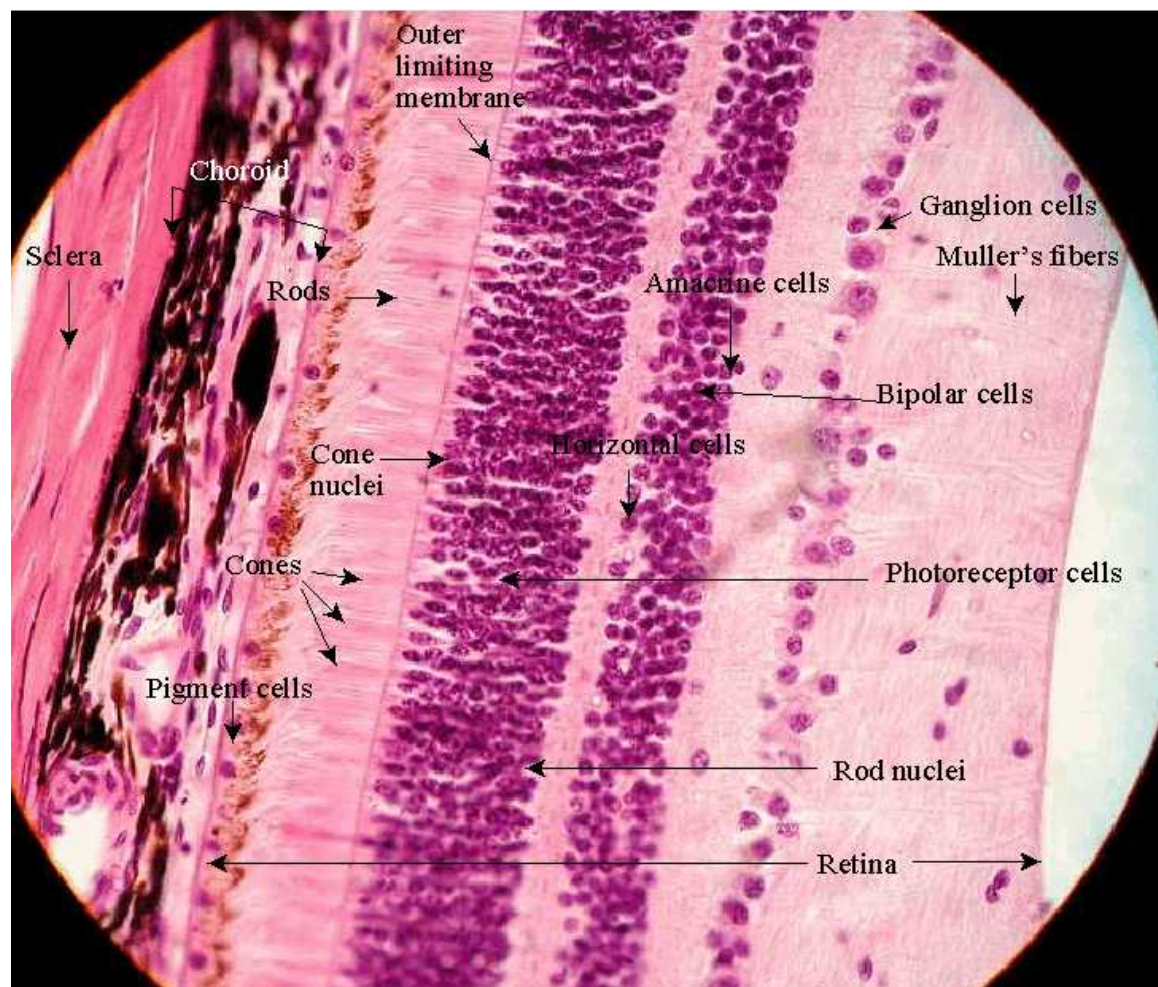
- vitreális (belső) – a corpus vitreum (üvegtest) felé esik
- sclerális – külső

Érhártya

pigmentált sejtek

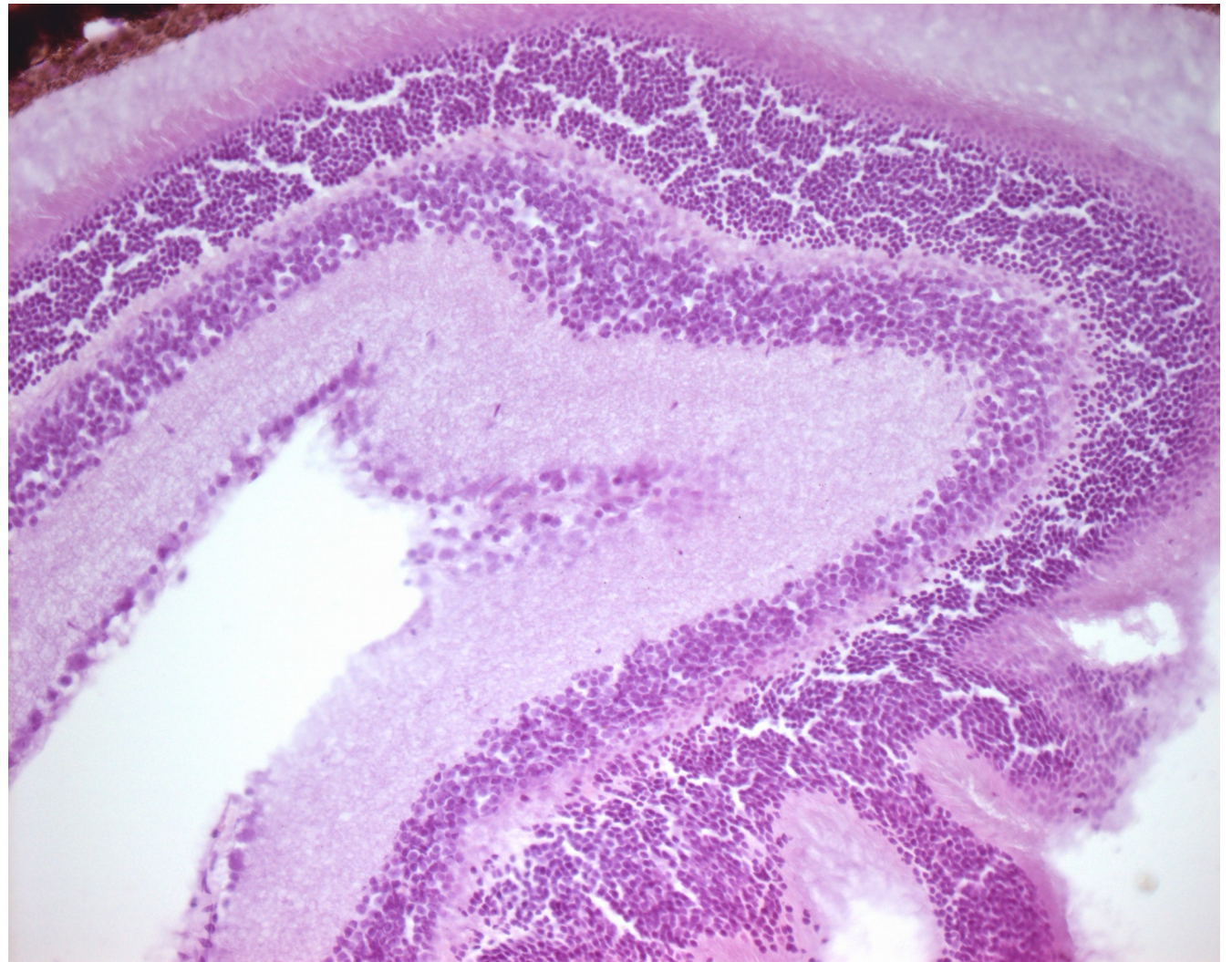
Ínhártya

kollagén és
rugalmas rostok



400x nagyítás

Retina rétegei egér
szemben



Retina:

Nemcsak érzékeli a fényt, hanem képfeldolgozás is történik már retinális szinten.

- *Vertikális út:*
 - Csapok - pálcikák
 - Bipoláris sejtek
 - Ganglionsejtek

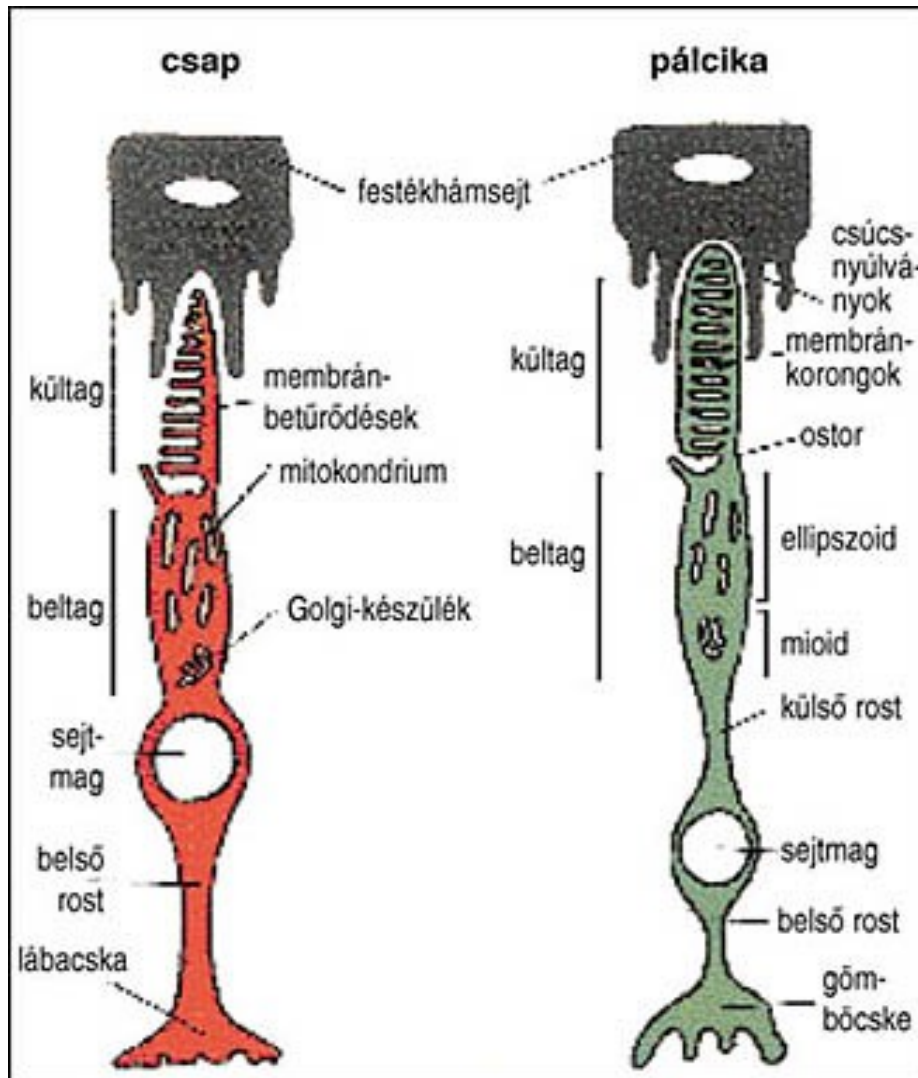
Ingerületátvivő anyag: glutamát (glutaminsav)

- *Horizontális út:*
 - **horizontális sejtek** és
 - **amakrin sejtek** oldal irányban kötik össze a receptor sejteket illetve a ganglion sejteket.

Ingerületátvivő anyag: GABA, glycin egyebek: dopamin, acetilkolin stb

Retina sejtípusai:

Receptor sejtek: csapok és pálcikák



Pálcikák: mind ugyanarra a hullámhosszúságú zöld fényre a legérzékenyebb, a piros fényre érzéketlen.

Több tíz-száz ingerülete fut egyetlen idegrosoton

Fény meglétét vagy hiányát jelzik.

Csapok: színlátás

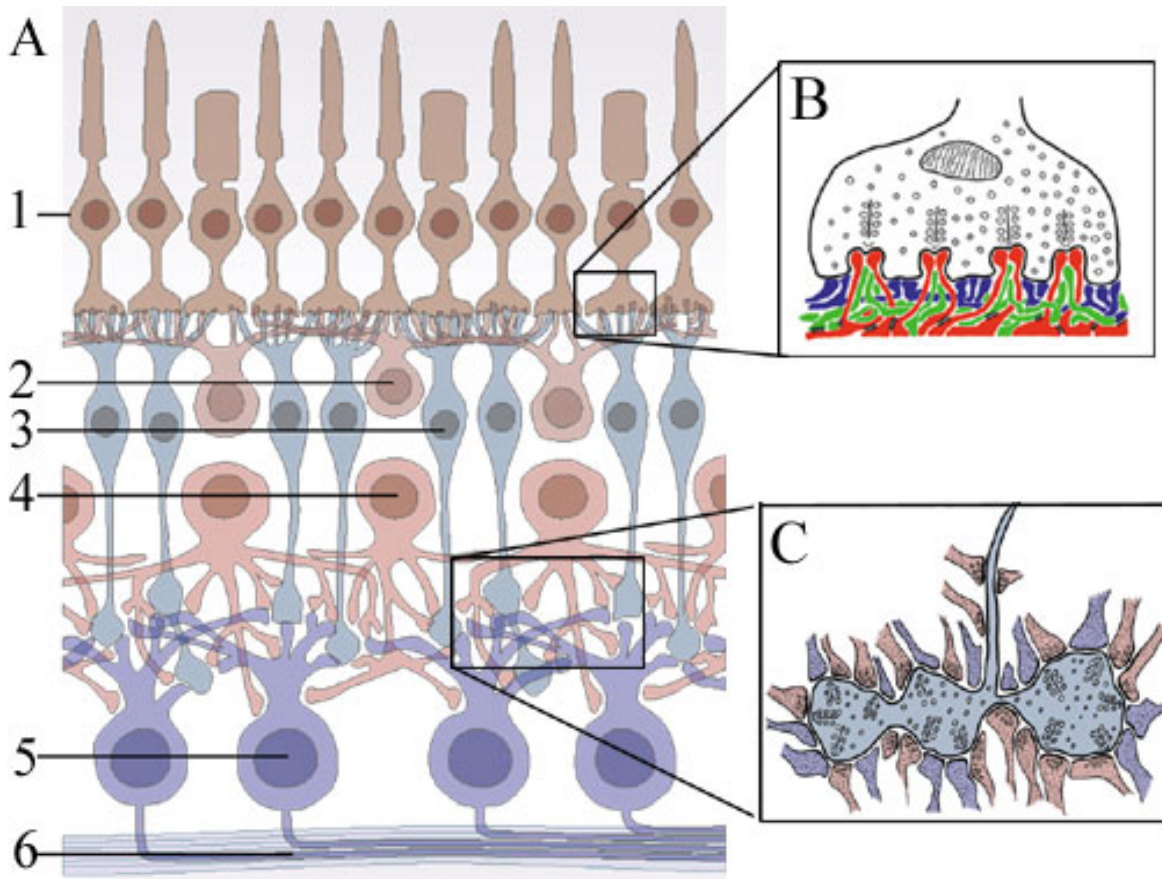
Három típus: vörös, zöld, és a kék színre érzékeny.

Akár egyedi csapok ingerülete is eljut a CGL-be (corpus geniculatum laterale – a thalamusz vizuális ingereket továbbító része)

Retinális sejtek szinaptikus kapcsolatai:

Egy csap 40-50 preszinaptikus szalagocska mentén létesít szinaptikus kapcsolatot, összesen 400-500 szinaptikus kapcsolata van.

Posztszinaptikusan: horizontális sejt / ON bipoláris sejt / OFF bipoláris sejt lehet.

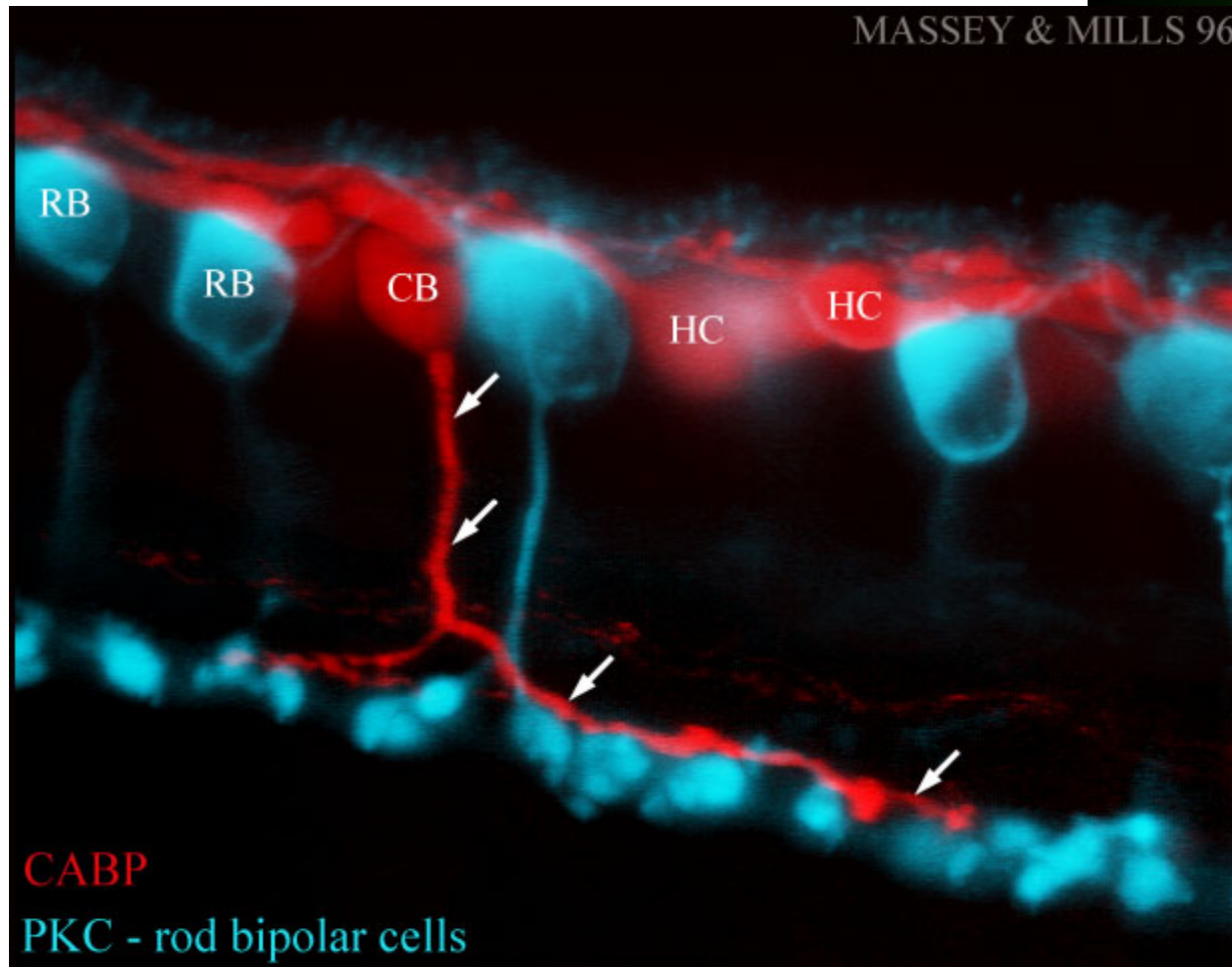
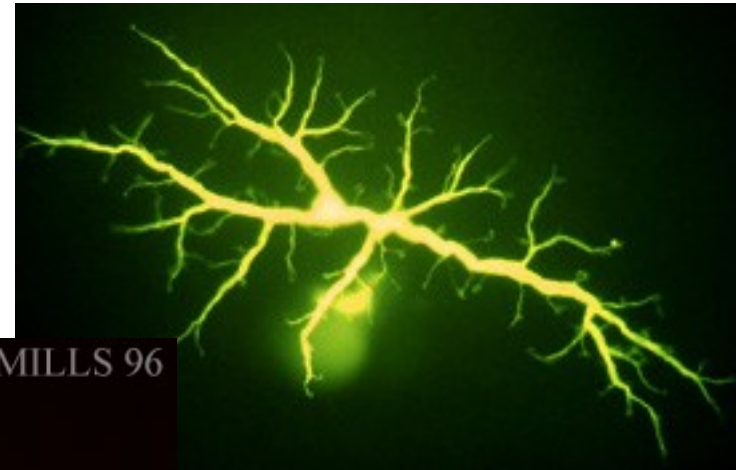


- 1 receptor sejtek,
- 2 horizontális sejtek
- 3 bipoláris sejtek
- 4 amakrin sejtek
- 5 ganglion sejtek
- 6 látóideg

B szalagszerű preszinaptikus elemek
C Bipoláris sejt szinaptikus terminálja
ganglion sejt (kék)
amakrin sejt (barna)

Retina neuron típusai:

1. Horizontális sejtek:



Nyúl retina, kettős immuno.
CABP calbindin: bipolaris
sejteket jelöli.

RB: pálcikához kapcsolódó
bipoláris sejt

HC: horizontális sejt

2. Bipoláris sejt

Bipoláris sejt típusok axonvégződési mintázata. 1-5 OFF csap bipolaris sejtek, 6-9 pálcika bipolaris sejt.

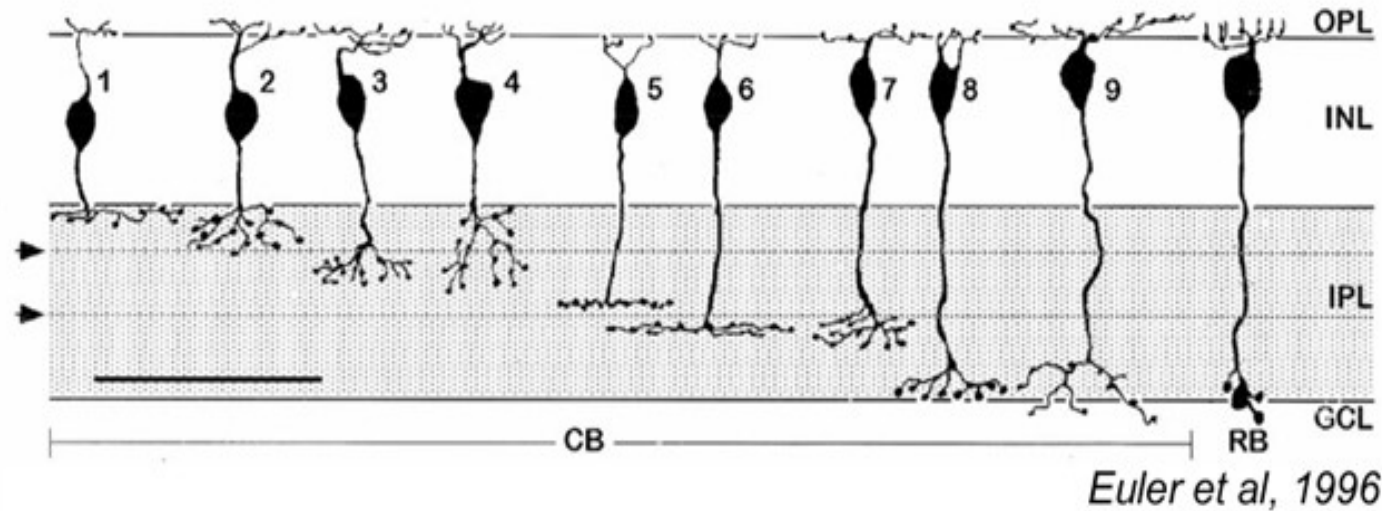
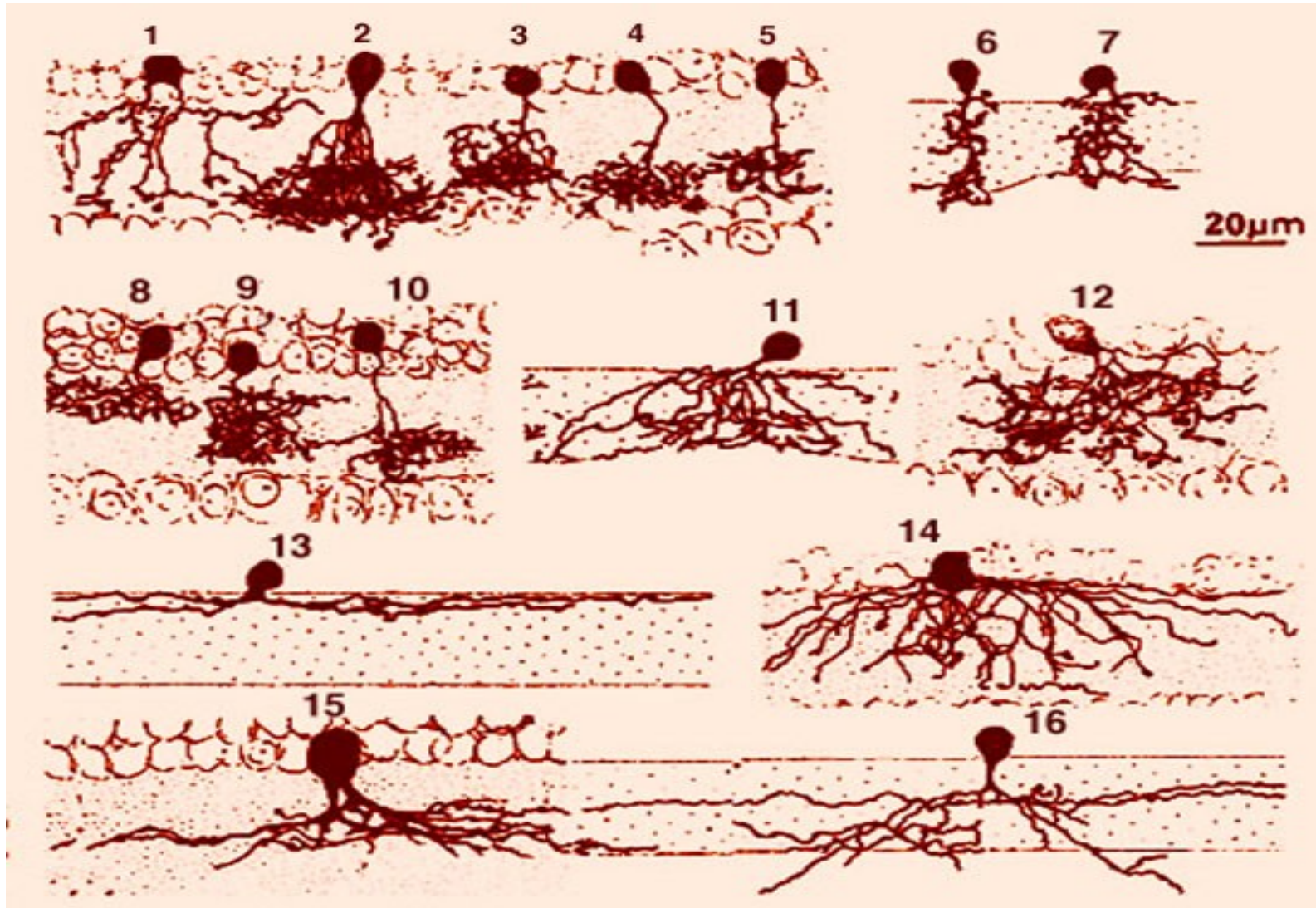


Fig.12. Functional stratification of bipolar cell axons in rat retina. Types 1-5 are OFF cone bipolars (CB) excited by kainate. Types 6-9 and the rod bipolar (RB) are ON types inhibited by APB. From Euler et al, 1996.

3. Amakrin sejtek:

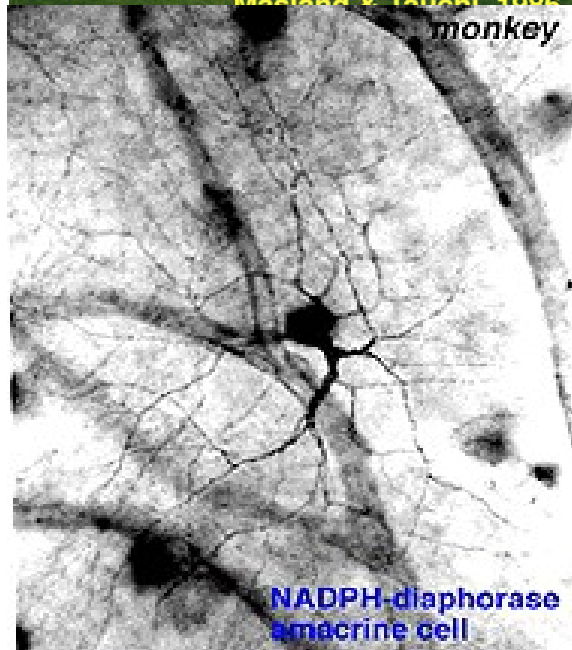


Majom retina amakrin sejt típusai

Acetilkolint tartalmazó amakrin sejt



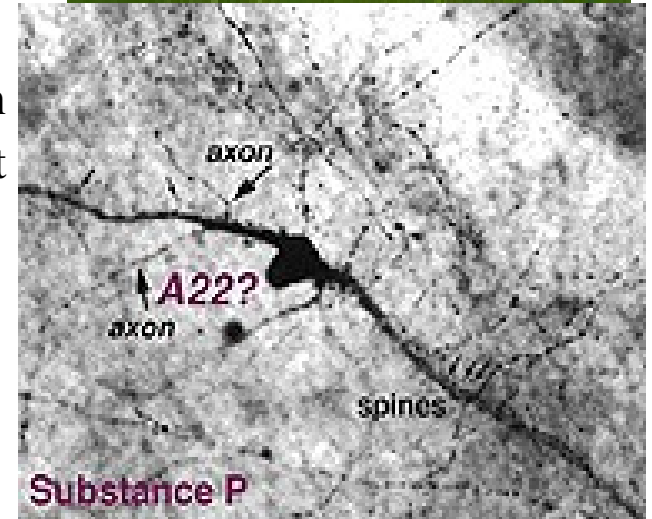
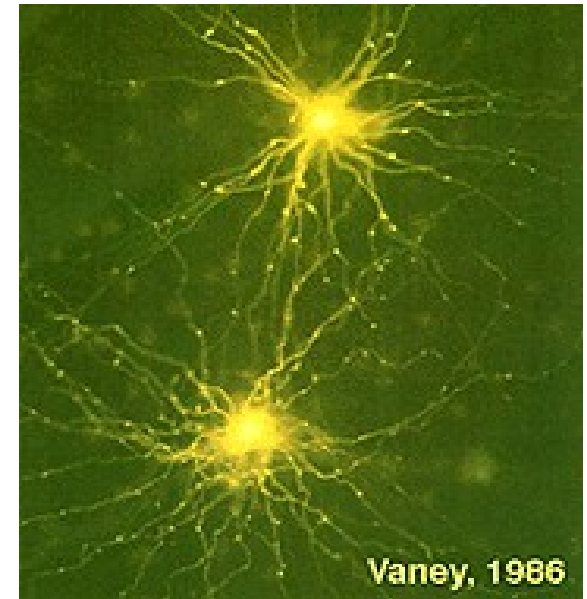
Meelard & Tsuchi, 1986
monkey



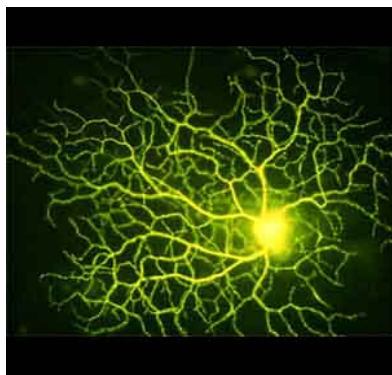
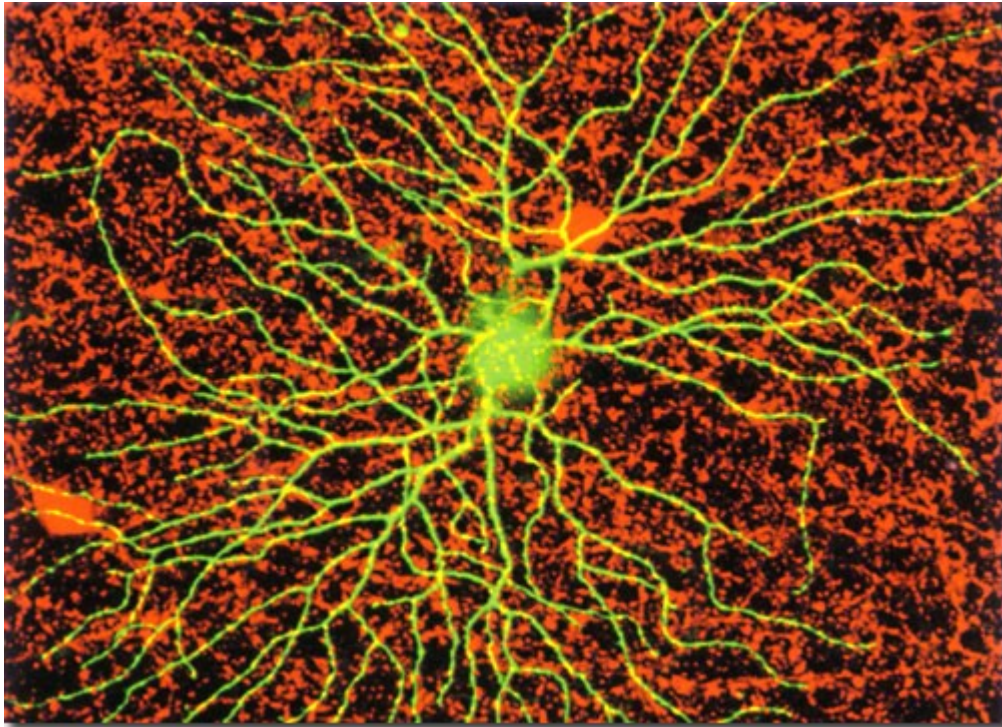
P anyagot tartalmazó amakrin sejt

NADPH diaphoraset tartamzó amakrin sejt.

Szerotonint tartalmazó amakrin sejt



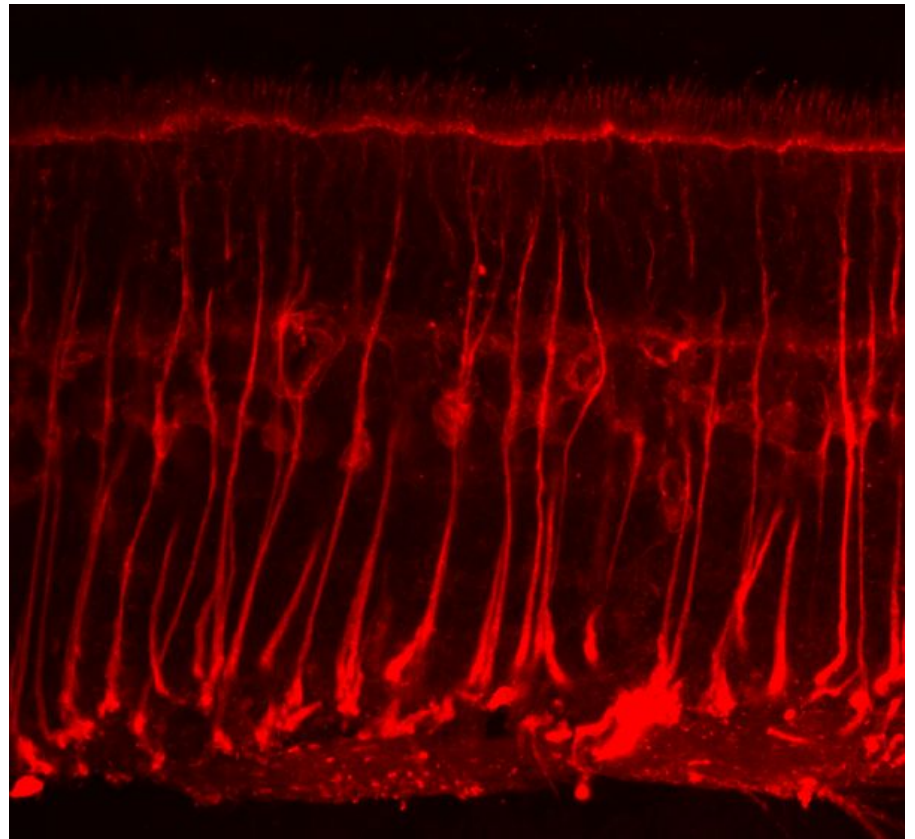
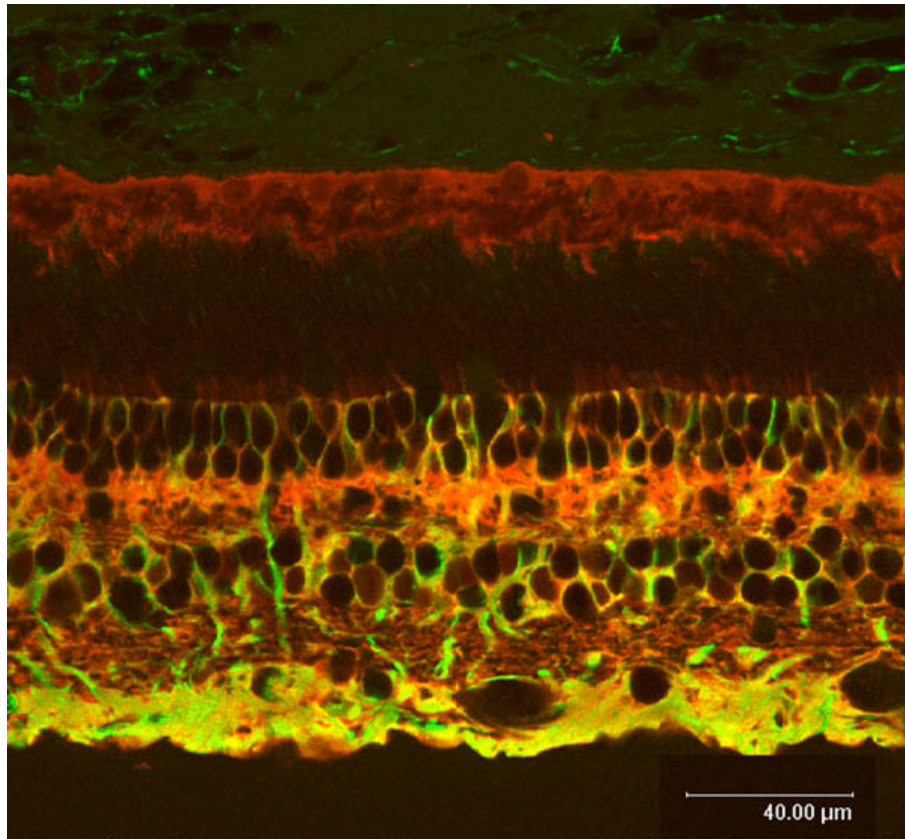
4. Ganglionsejt.



Retina kimenetét, a látóideget képezi axonjuk.
Dendritfája többféle lehet.

Müller glia sejtek

A retina fő gliális elemei. Sejttestjük a belső szemcsés rétegben van, nyúlványai a csapok és pálcikák rétegéig eljutnak, ahol azok belső szegmenseihez tight junctionnal kapcsolódnak és kialakítják a külső határhártyát.



Müller glia funkciói:

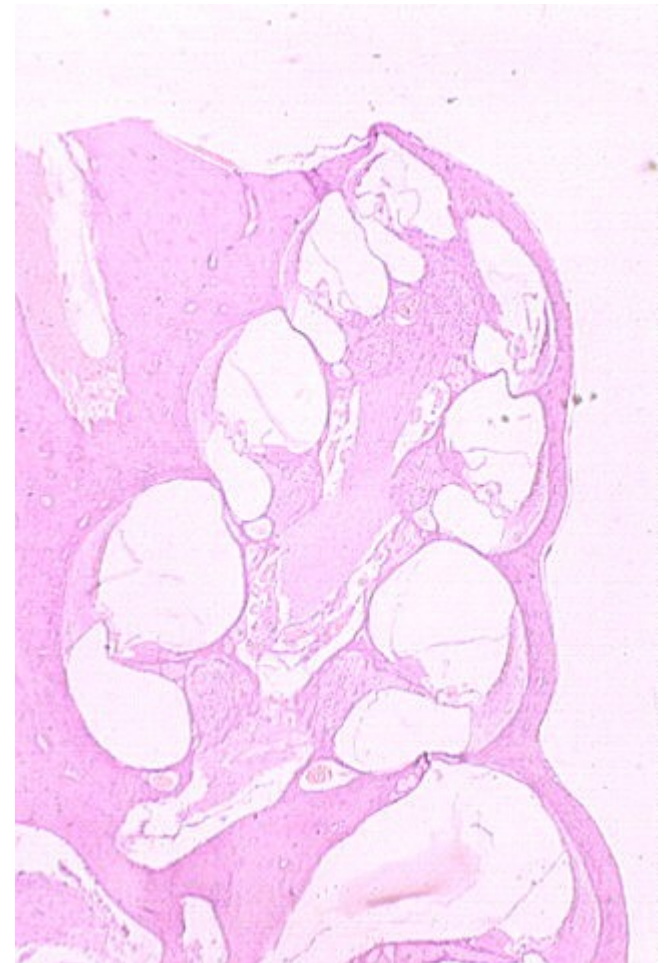
- Támaszték: sejtoszlopok kialakulásához támasztékul szolgálnak. Retinális idegsejtek táplálása
- Homeosztatikus regulációban szerep: ionegyensúly, alacsony szinaptikus ingerületátvivő anyagszint biztosítása.
- Regeneráció: retina sérülésekor Müller glia képes de-differenciációra neuronal progenitor sejtté és pótolja a sérült neuronokat.
- Élő optikai csatorna: fényt a csapokhoz és pálcikákhoz vezeti.

Hallás

A fül a hallás és az egyensúlyozás érzékszerve. Három része van: a **külső, középső és a belső fül**. A hang rendszerint levegőrezgések útján éri el a fület. A hallójáraton át bejutva mozgásba hozza a **dobhártyát**.

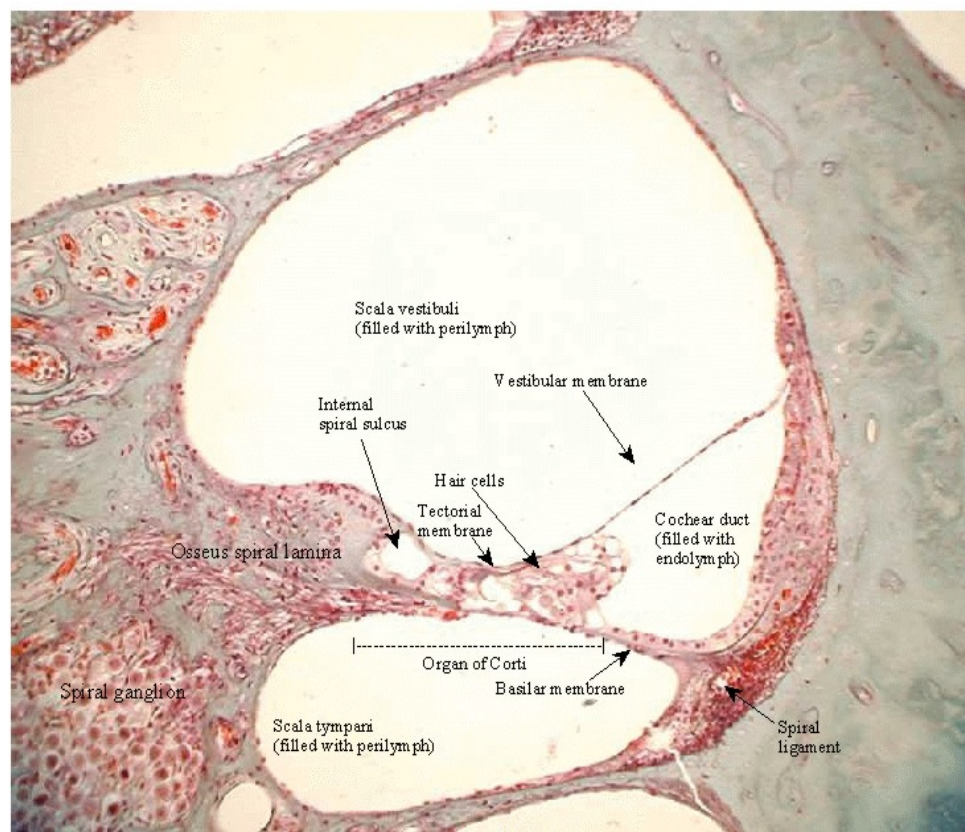
A dobhártya rezgéseit a hallócsontocskák: az üllő, a kalapács és a kengyel adják tovább az ovális ablakra, ahonnan a hullám folyadékban fut végig a csigában.

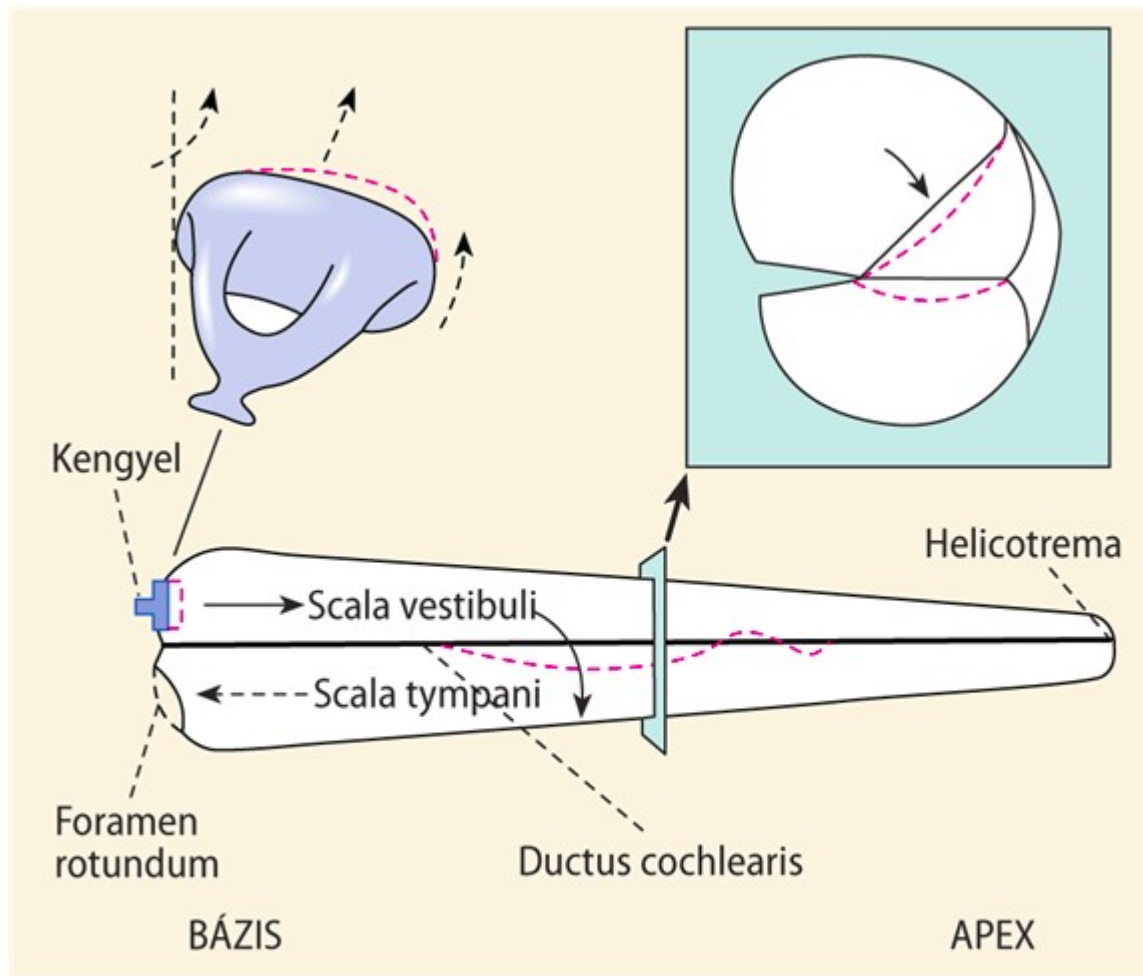
A **Corti-féle szerv**en a mechanikai inger, a rezgés ingerületet vált ki, amit a hallóideg majd az agyon belüli hallópályák a nagyagykéreg megfelelő központjáig vezetnek.



Belső fül szövettana:

Belső fül: csontos csigában helyezkedik el a hártyás csiga, amely a **Corti féle szervet** is tartalmazza. A hullám az ovális ablak felől a **scala vestibulin** (felül) halad, majd a *helicotremán* átfordul és a **scala tympanin** (alul) jön vissza. Középen a hártyás csiga ürege van (scala media), amit endolimfa tölt ki. A hártyás csiga együtt rezeg a perilimfával.





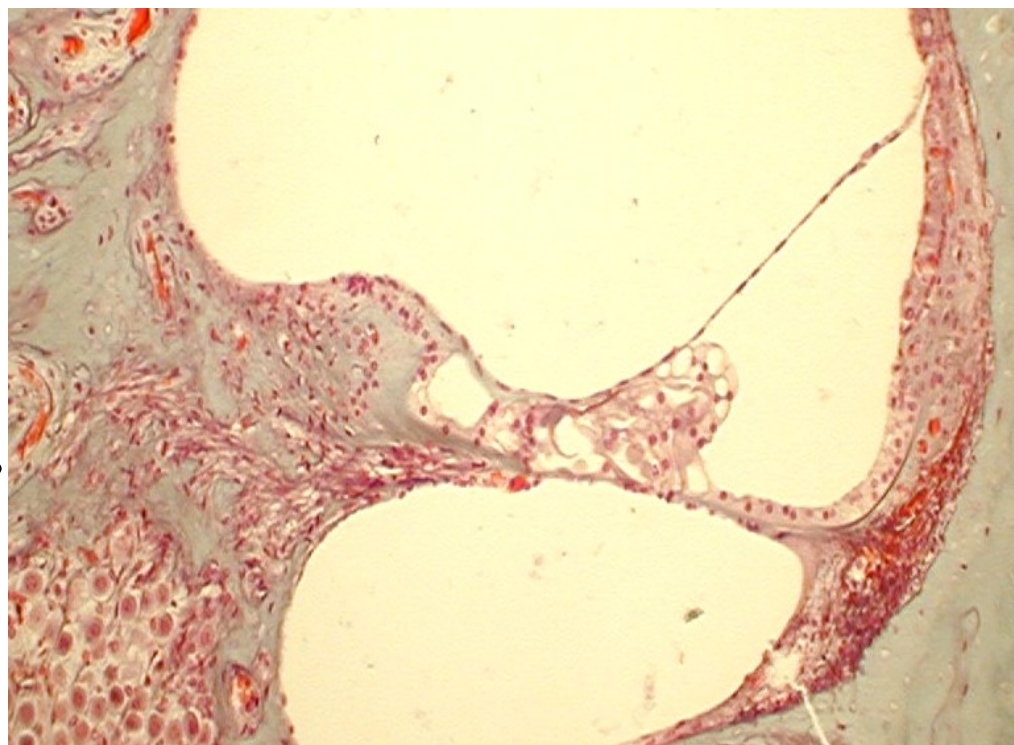
36-9. ábra. **Nyomáshullám keletkezése a cochleában** . G. von Békésy (1960): *Experiments on Hearing*. McGraw-Hill, New York alapján. Az ábra Békésy György eredeti vázlata alapján készült. Ezen az ábrán is a síkban kiterített cochlea hosszmetsetben látszik, azonban a ductus cochlearist egyetlen vonal jelképezi

Hanghullámok terjedése: kengyel → ovális ablak → vesztibuláris csatornában (scala vestibuli) levő perilimfa → csigavezetékben (scala media) levő endolimfára ráterjed illetve a dobvezetéken (scala tympani) végighaladva a rugalmas kerek ablaknál (fenestra rotunda) megszűnik.

Corti féle szerv a membrana basalisra helyezkedik el, a membrana tectoria borítja.

Tonotopia: a membrana basilaris szélessége nő a bázistól távolodva, a mély hangok (alacsony frekvencia) a csúcson rezegtetik meg, a magas hangok (magas frekvencia) viszont a bázis közelében
→ külön futó ingerületek, a feldolgozásuk is külön-külön történik a hallóközpontban
→ a hang erősségét a membrán kilengése adja

Szőrsejtek: narancssárga csúcsúak.



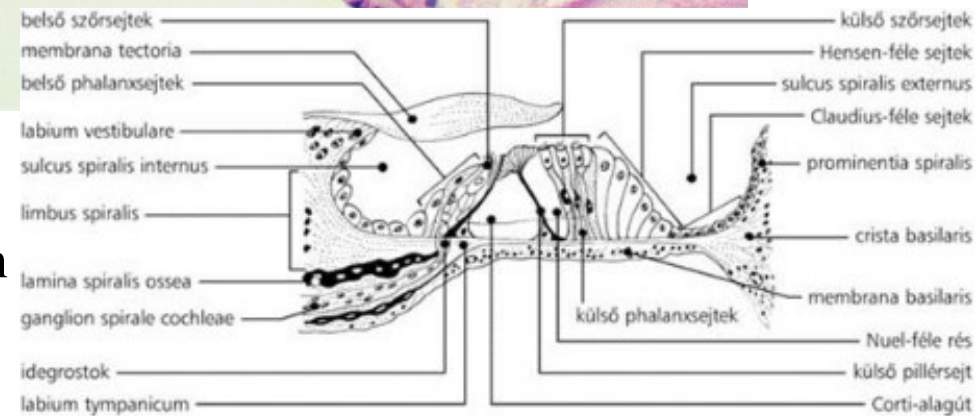
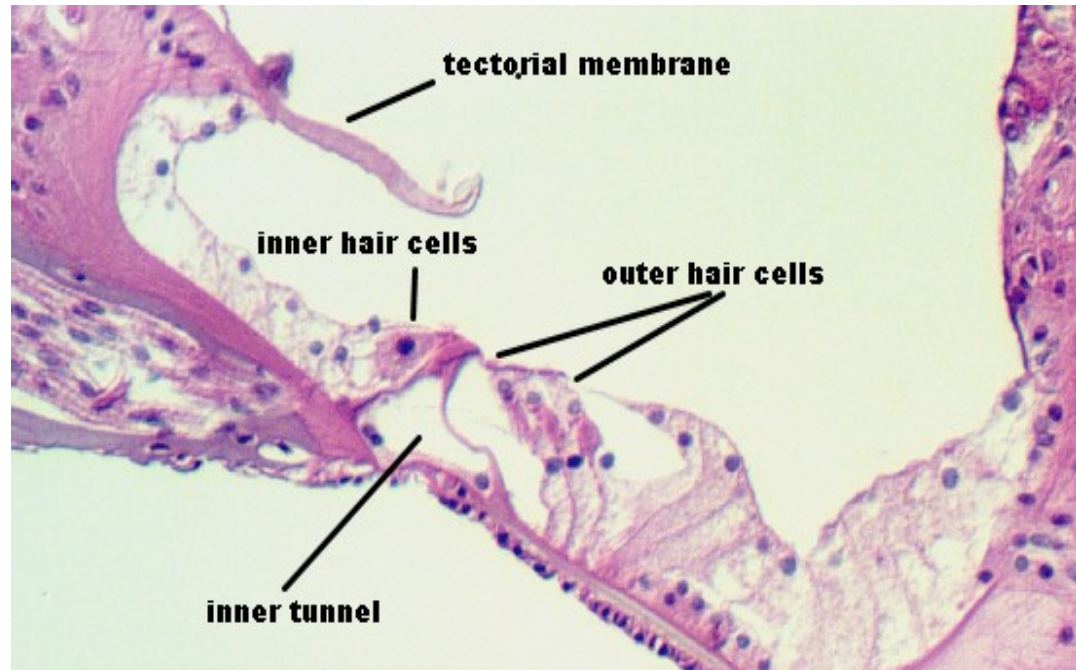
Corti féle szerv

- érzékelő (szőrsejtek)
- támasztó
- pillér sejtekből épül fel.

A külső és belső pillérsejtek hozzák létre a Corti alagutat (inner tunnel a képen).

A külső pillérsejtek és a támasztósejtek pedig a Nuel féle rést (Corti alagút melletti jelöletlen üreg). Az alagutakban cortilympha van.

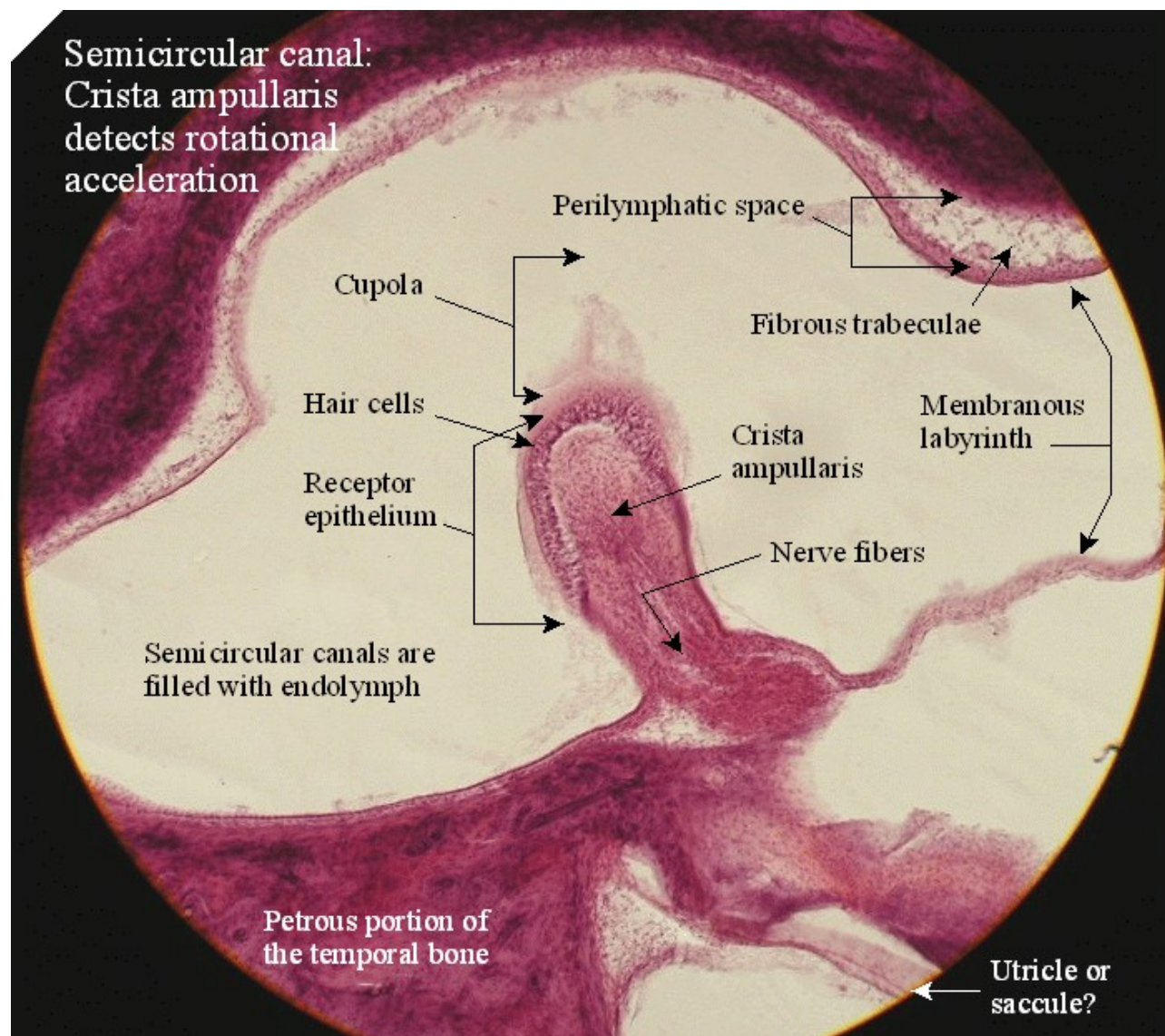
A külső szőrsejteket a membrana tectoria és a membrana basilaris elmozdulása, a belső szőrsejteket pedig az endolimfa rezgései ingerlik.



Egyensúlyozás szerve

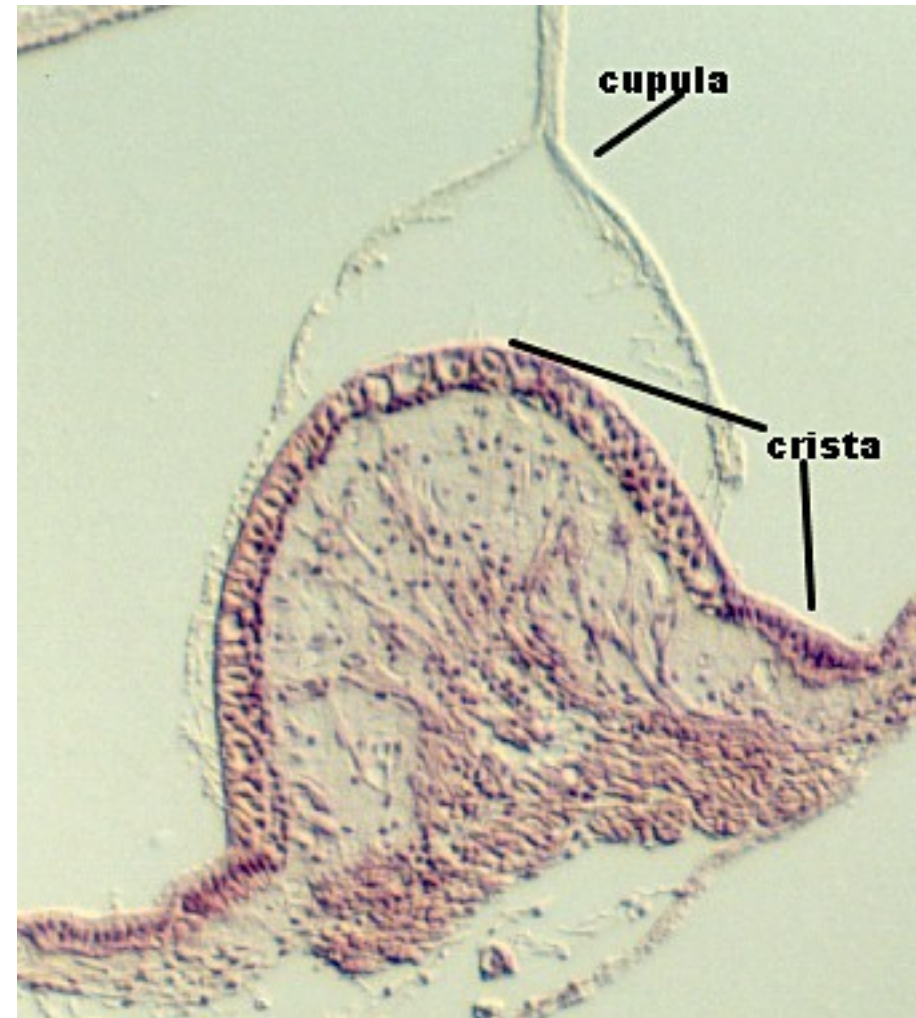


Belső fülben. Tömlőcskéből
(utrículus) zsákocskából
(sacculus) és három félköríves
járatból (ductus
semicirculares) áll. Az
utrículus és sacculus
érzékfoltjai a **macula utriculi**
illetve **macula sacculi**. A
félköríves járatok ampulláiban
pedig érzéktarékjok (crista
ampullaris) vannak. A
félköríves vezetékeket endolimfa tölti ki.



Crista ampullaris felépítése:

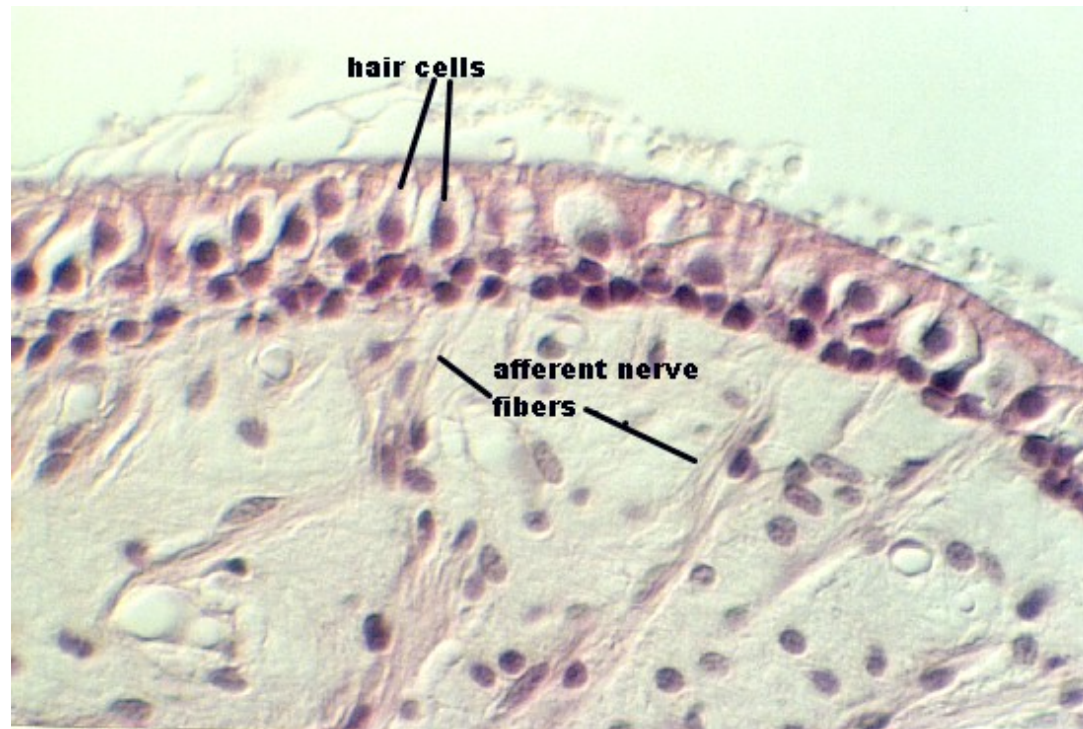
Érzéksejtekből és támasztósejtekből épül fel.
Érzéksejtek felületén hosszú sztereocilium és egy csillangó található amely kocsonyás anyagba (cupula) merül.



Macula:

Hasonló felépítésű a crista ampularishoz, csak a cupulában *mészőkristályok* is találhatóak.

Benignus paroxizmális pozícionális vertigo (BPPV) szindróma: ezek a kristályok leszakadhatnak, és a félkörös ívjáratba sodródhatnak, folyamatosan forgásérzetet okozva (vertigo). Megfelelő manőverekkel ki lehet onnan mozdítani, és megszűnik.



Szaglás:

Szaglóhámban alapvetően kétféle sejtípus:

Támasztósejt:

fejlett szekréciós apparátussal rendelkezik, apikálisan mukopoliszacharid tartalmú vezikulák halmozódnak fel.

Érzékejt:

Bipoláris érzősejtek. Dendritikus nyúlványukban sok mikrotubulus. A dendritikus nyúlvány a felszínre érve csillangókban végződik. A szaganyagokat megkötő receptorok a csillangók felszínén találhatóak. Sejtenként csak pár szaglóreceptor típus.



Szaglóhám:

Bowmann féle mirigyek:

savós végkamrájú

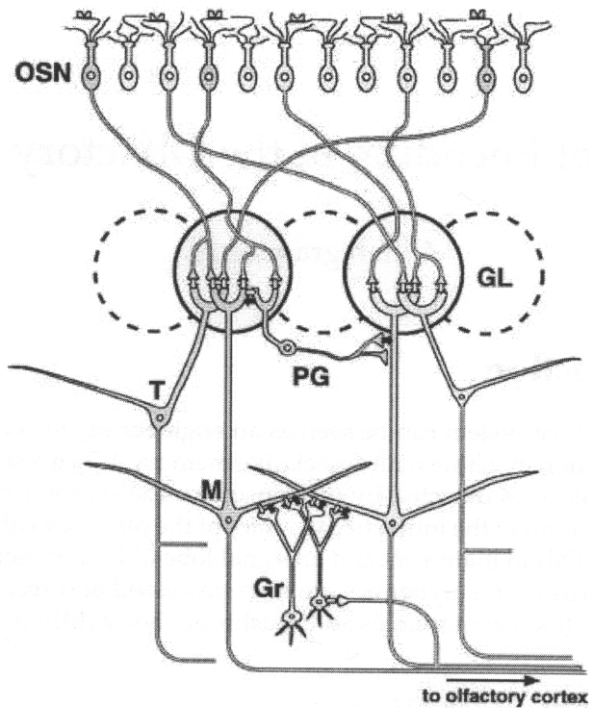
mirigyek, felszíni

nyálkát részben ezek,

részben a kehelysejtek

termelik.

Szaglógumó (szaglóhagyma, bulbus olfactorius)



M - Mitrális sejtek;

T - bojtos interneuronok;

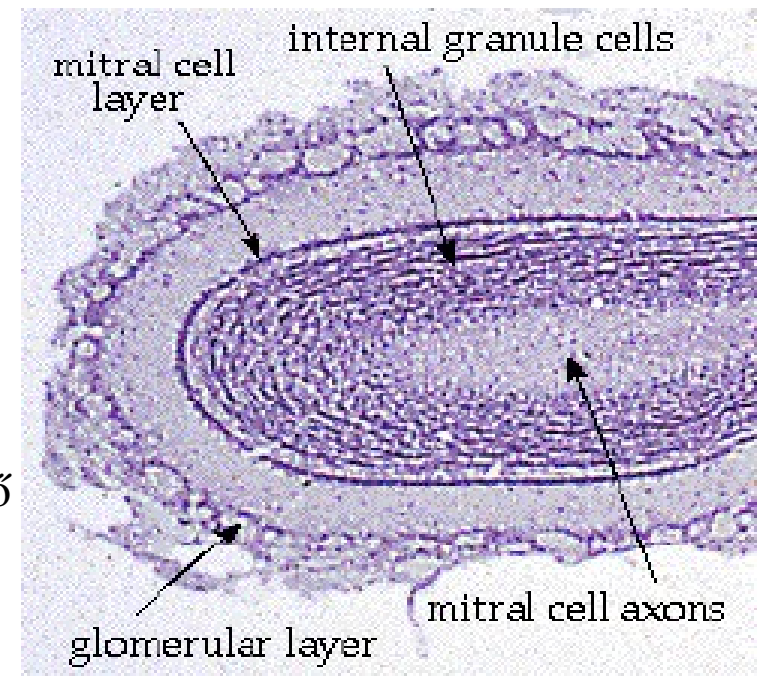
Gr - Granula sejtek

PG - Periglomeruláris sejtek

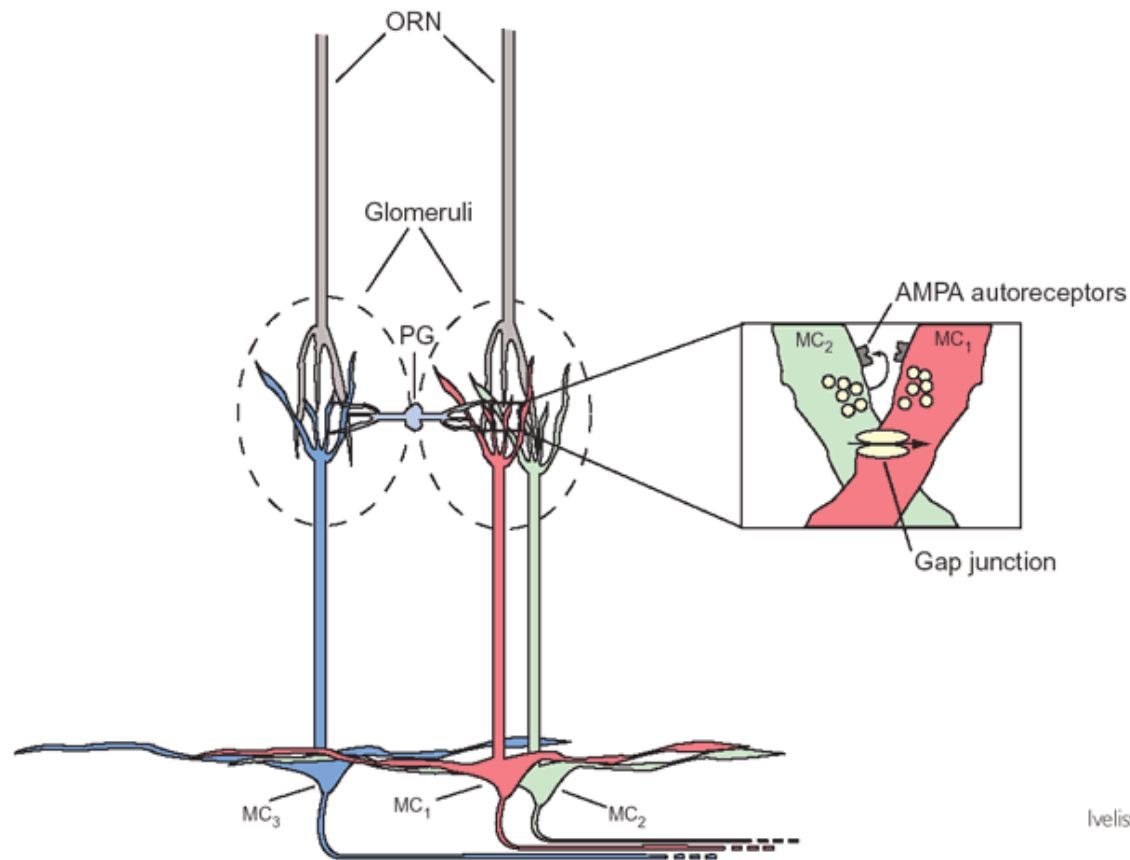
OSN - Szaglósejtek a szaglóhágmban

GL: glomerulus olfactorius

Az szaglógumó nem szimpla átkapcsolóhely, hanem a szaglóinformáció jelentős mértékű feldolgozását végző struktúra.



Glomerulus felépítése:



A glomerulusok szférikus képződmények a szaglóhagyma peremén. A glomerulusokban a szaglósejtek (ORN) axonja létesít többszörös szinaptikus kapcsolatot a mitrális sejtek (MC) apikális dendritjeivel. A GABAerg periglomeruláris interneuronok (PG) nyúlványai is a mitrális

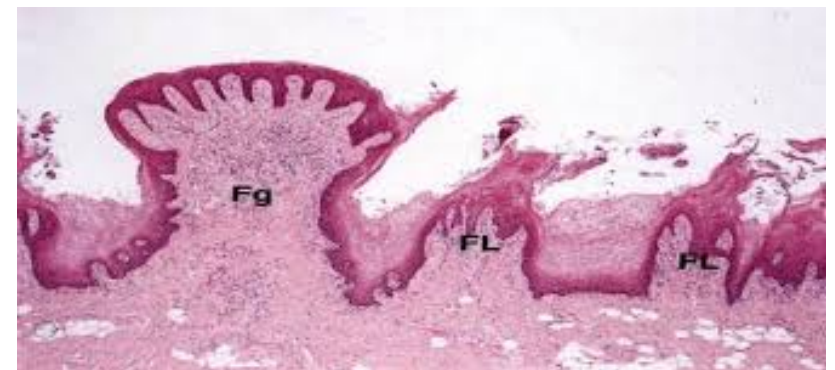
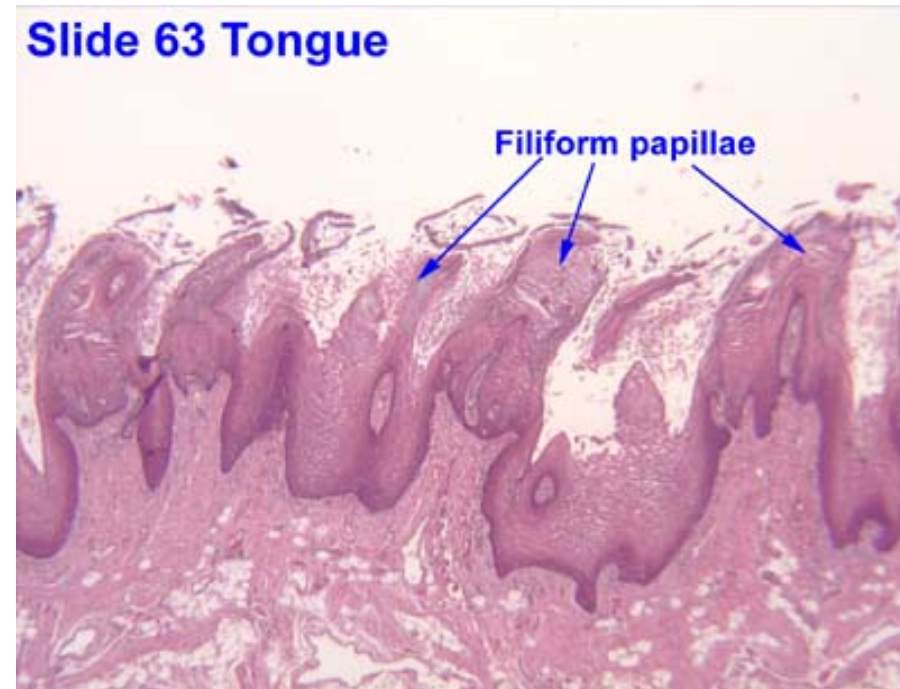
sejtek dendritjein végződnek. A MC apikális dendritei között gap junction kapcsolatok vannak.

Egérben egy glomerulus kb 25000 olfaktorikus sejt axonját és 25 mitrális sejt apikális dendritjét tartalmazza.

Ízlelés szerve: nyelv

4 féle nyelv szemölcsöt tartalmaz:

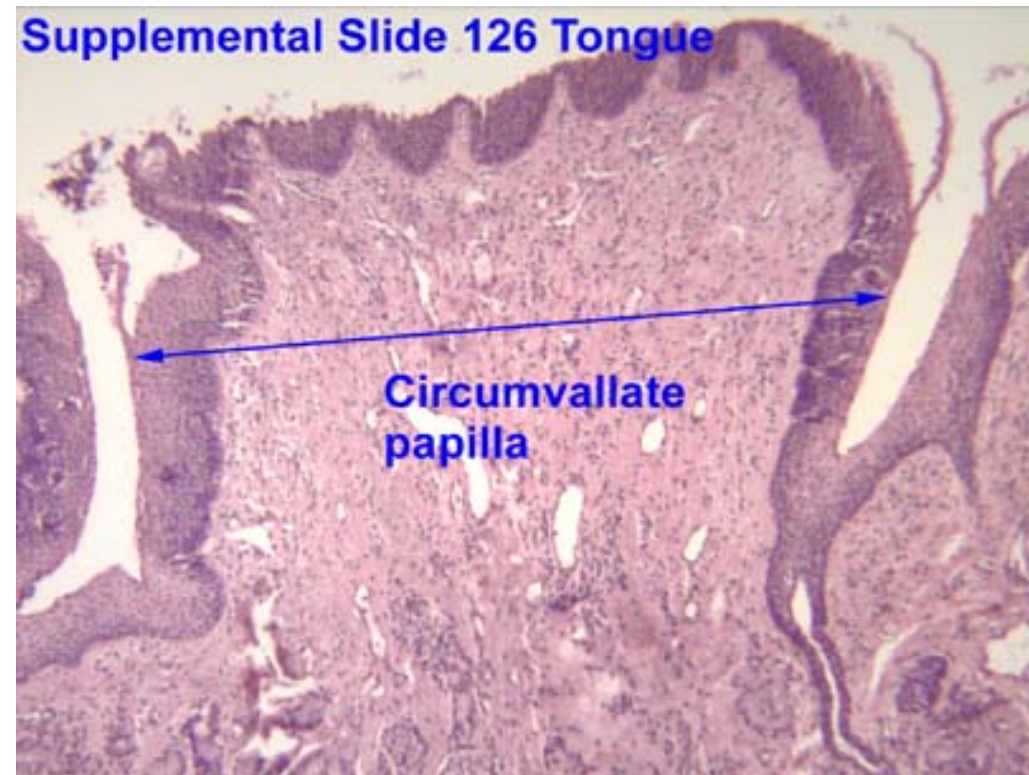
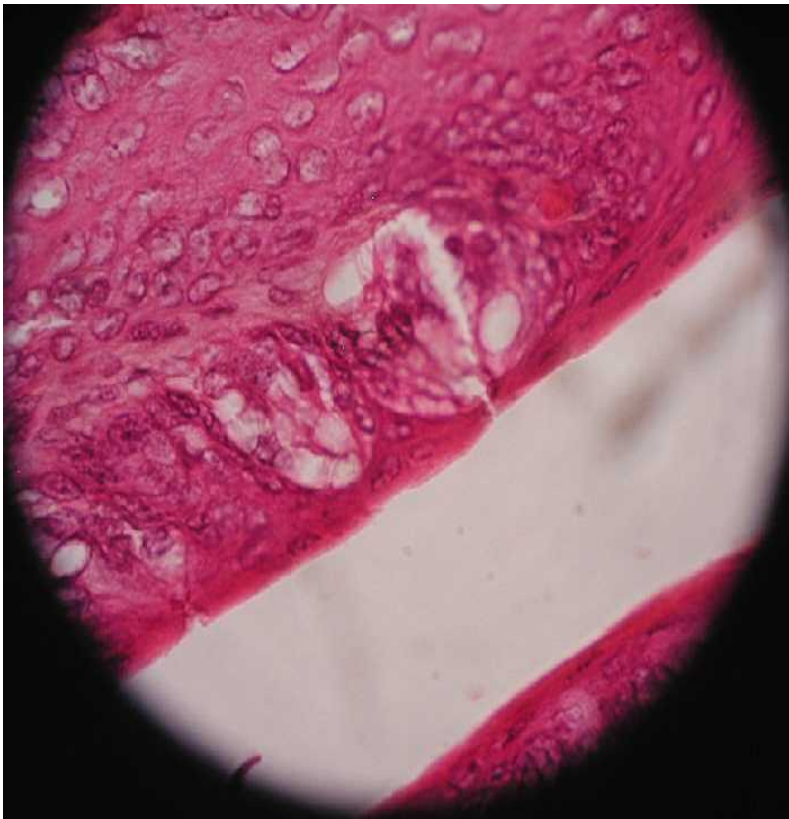
- papillae filiformes (fonál alakú szemölcsök)
 - ebből van a legtöbb, fokozott szarusodása okozza a nyelvlepedéket
 - tapintási ingert érzékel főként
- papillae fungiformes (gomba alakú)
 - kiszélesedik a teteje, piros pontként látható a nyelven (erek áttűnnek)
 - dorsalis felszínén néhány ízlelőbimbó
- papillae foliatae (levél alakú)
 - a nyelv oldalán főleg, köztük árkok
 - 12-100 db ízlelőbimbót tartalmaznak



- papillae circumvallatae (körülárkolt)
 - nyelvgyök közelében, egy sorban, összesen 8-12 db, 2-3 mm-esek
 - körülötte nyálmirigyek nyílnak, mossák → mindig új ízt érzékel
 - több mint 1000 ízlelőbimbót tartalmaz

Ízlelőbimbók:

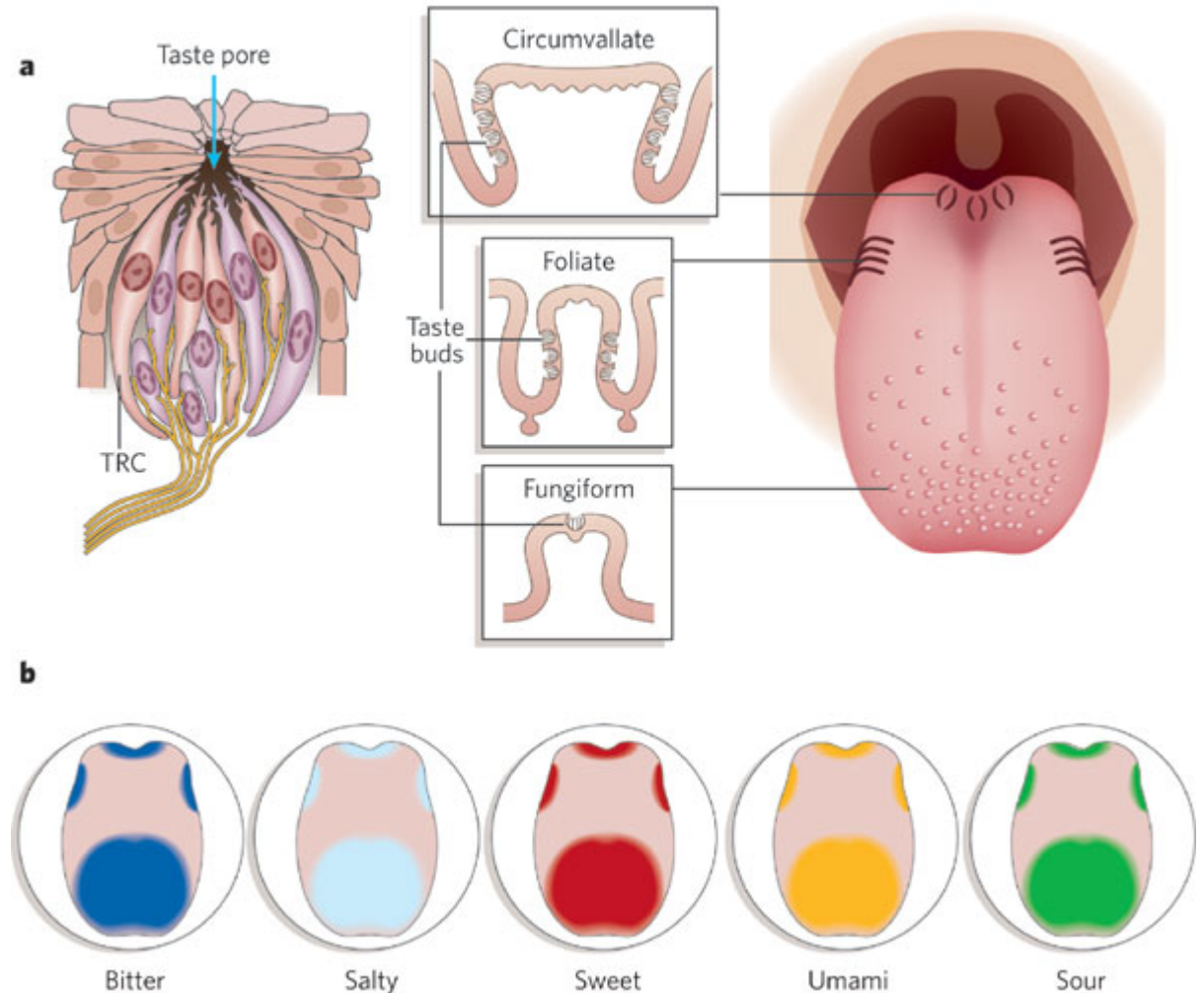
- 50-150 ízérzékelő receptor sejtből állnak, és az ízlelőszemölcsökben helyezkednek el.
- Ízérzékelő sejtek (TRC) az ízlelőpóruson (taste pore) keresztül érintkeznek az ízanyagokkal.



A receptor hámsejtek ötféle ízt érzékelnek: savanyút, sósat, édeset, keserűt és umamit (Na-glutamát).

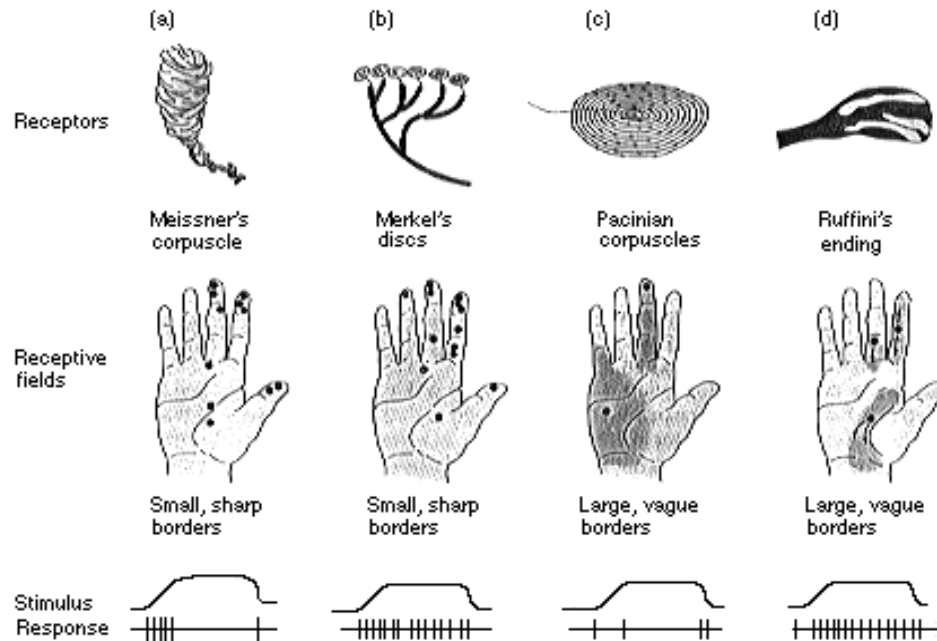
Az ízérző reflexek a táplálékfelvételhez, az emésztéshez szükséges nedvek termelését szabályozzák reflexes úton (pl édes íz beindítja az inzulin elválasztást).

Új molekuláris biológiai adatok alapján nincs íztérkép, minden ízt minden területen érzékelünk!



Bőr mechanoreceptorai:

- fájdalomérzékelés: csupasz idegvégződések
- tapintótestek: mindegyikük tokkal körülvett dendrit.



Meissner féle test: közvetlenül a felszín alatt, irhaszemölcsökben. Kis receptív mezeje van, gyorsan adaptálódó választ ad. Kötőszöveti tokkal burkolt, tojásdad receptorok. Tok állományát kollagén rostok kapcsolják az epidermiszhez.

Az axon a tokba belépéskor elveszti mielinhüvelyét, az axont a receptorokban már csak módosult Schwann sejtek kísérik, ezek adják a spirális lefutású axon ágyzatát. Az axon és a módosult Schwann sejtek között szinapszisokhoz hasonló kapcsolat alakul ki.

Merkel féle lemezek: közvetlenül a felszín alatt. Kis receptív mezeje van, lassan adaptálódó választ ad.

Citoplazmájában a szinaptikus zóna közelében granulumok találhatóak. A granulumokból met-enkephalint substance P-t mutattak ki.

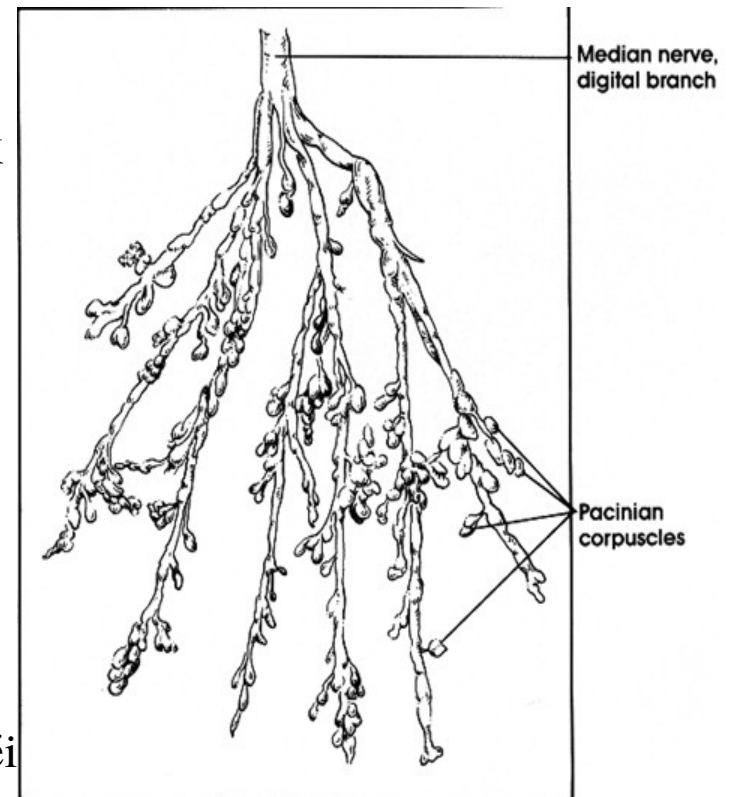
Ontogenezisben is szerepük van, mesenchimára irányuló induktív hatásuk van.

Bőr ideghálózatának kialakításában szerepet játszanak, kialakulásuk megelőzi a sőr-sinusok és verejtékmirigyek létrejöttét.

Vater-Pacini testek: mélyen található, nagy receptív mezeje van és gyorsan adaptálódó választ ad.

Elsősorban nyomásra, húzódásra, vibrációra reagálnak. Jellemzőes lamellaris szerkezetük van. A Vater-Pacini test hossz tengelyében húzódó axon körül egy külső és egy belső tok alakul ki. Az axon axontüskéket alakít ki a lamellák közötti részben

A belső tok módosult Schwann sejtek nyúlványaiból a külső tokot módosult fibroblasztok termelik. Lamellák között kollagén rostok találhatóak.

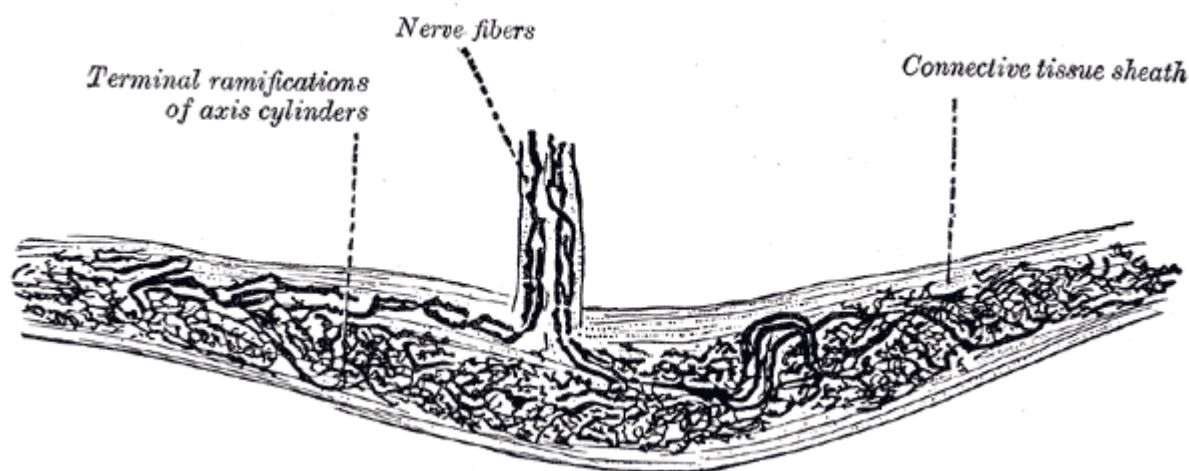


A Vater-Pacini test axonjának axontüskéi

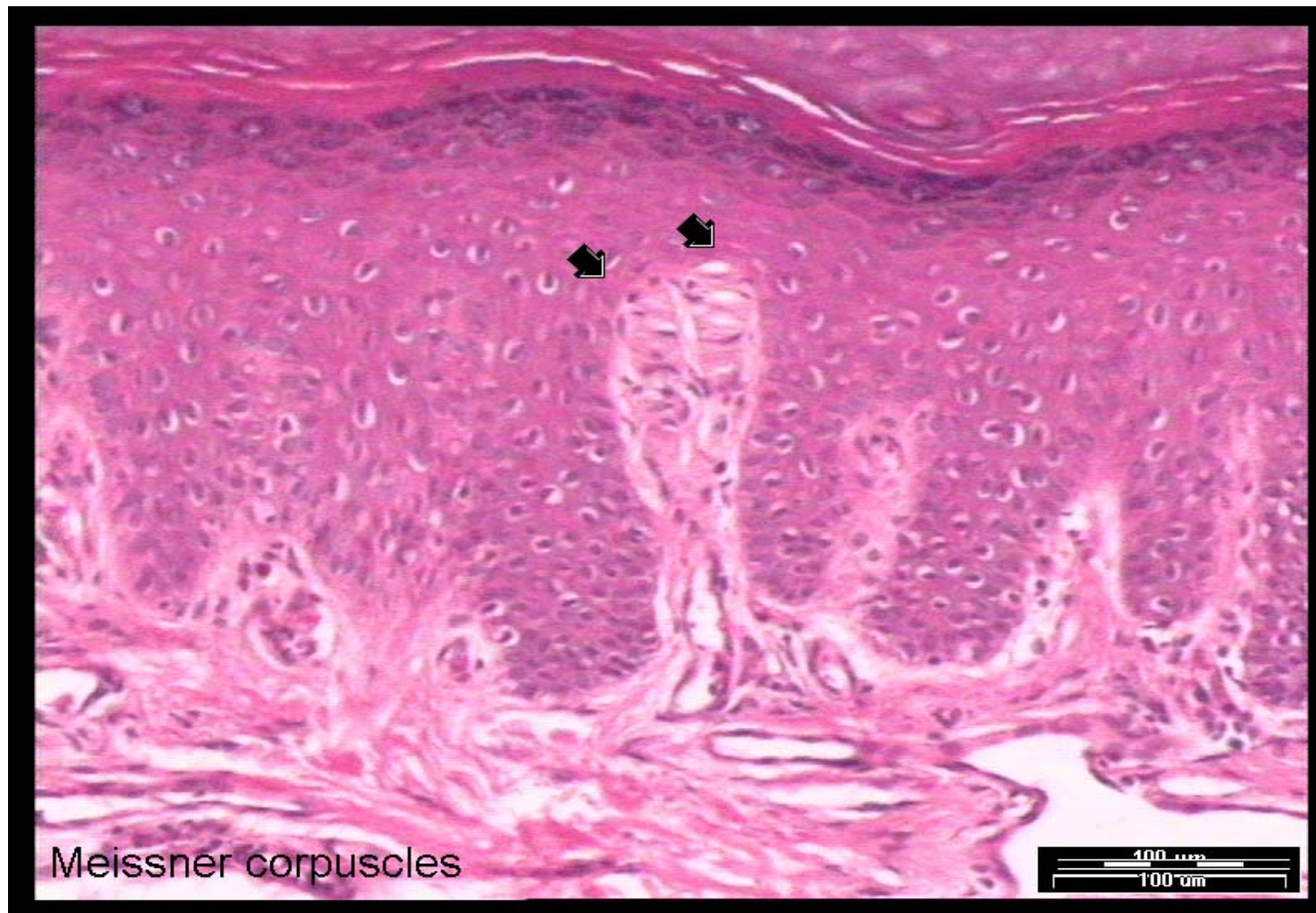
Ruffini végződések: mélyen található, nagy receptív mezeje van, lassan adaptálódó választ ad.

A bőr felszínével párhuzamos hosszúkás képlet.

Egyetlen afferens rost idegzi be, a szomszédos sejtek közösen használnak egyetlenegy rostot



A Ruffini végződés a nyomás irányát, nagyságát/erősségét, illetve annak időbeni változását is érzékeli.



Meissner féle tapintótestek: hámszövet alatti irha rétegben:
Spirális lefutású axonelágazódások között lapos tapintósejtek helyezkednek el. Kötőszöveti tok burkolja

Pacini testek: specializált idegvégződések, amelyek nyomást és vibrációt érzékelnek.

