



**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛЕВЕН**  
**ФАКУЛТЕТ „ЗДРАВНИ ГРИЖИ“**  
**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

**Лекция №1**

**Анатомия и физиология на  
зрителния апарат. Заболявания  
на придатъците на окото**

**ПРОФ. Д-Р ЧАВДАР БАЛАБАНОВ, Д.М.**

# ЛЕКЦИЯ

No 1

АНАТОМИЯ  
НА ОКОТО И НЕГОВИТЕ  
ПРИДАТЪЦИ

ЧАСТ 1

# КЛАСИФИКАЦИЯ

## ОЧНИ ПРИДАТЪЦИ (тъкани и структури около окото)

Орбита

Клепачи

Конюнктива

Екстраокуларни мускули

Слъзен апарат

## ОКО

Роговица и склера

Увеален тракт (ирис, цилиарно тяло и хориоидея)

Ретина

...

Очни камери (предна, задна и витреална)

Леща

## ЗРИТЕЛЕН ПЪТ

Зрителен нерв

Оптична хиазма

Оптичен тракт

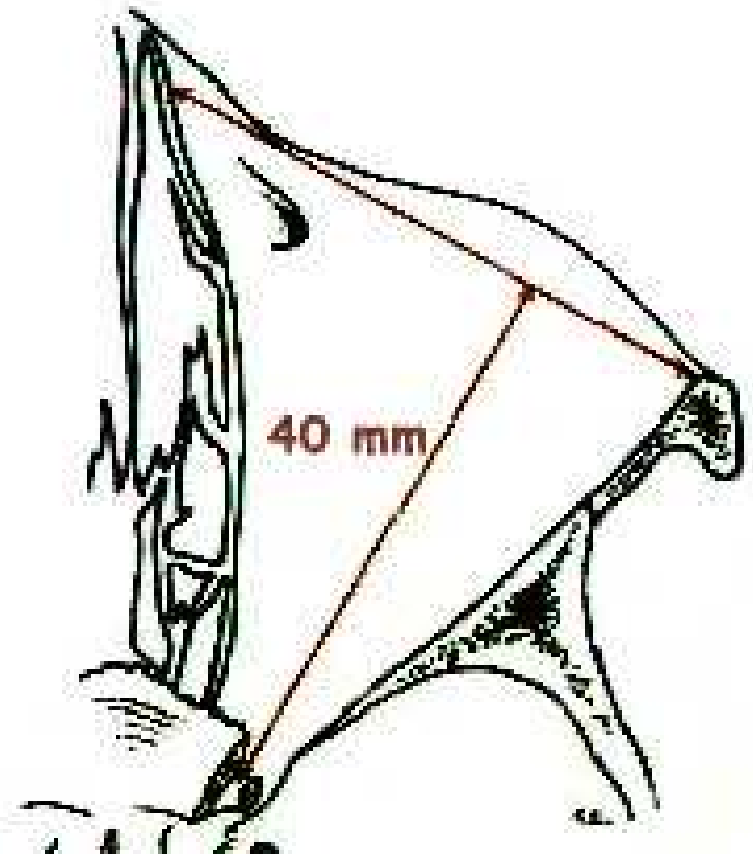
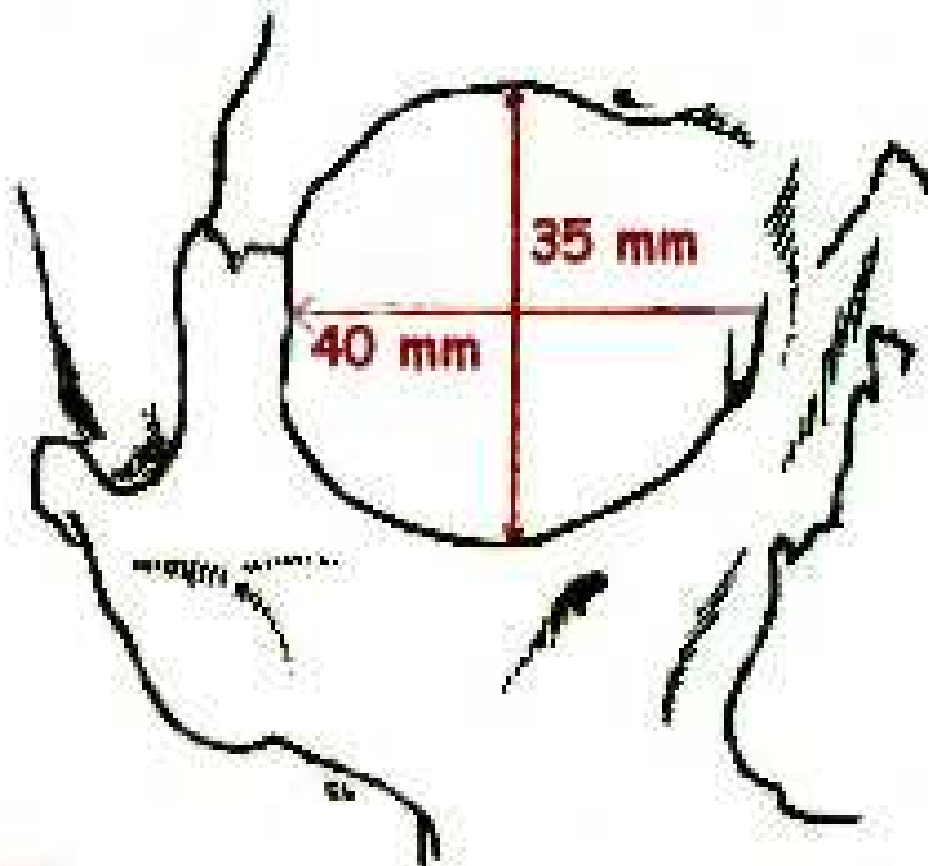
Corpus Geniculatum Laterale

Оптична радиация

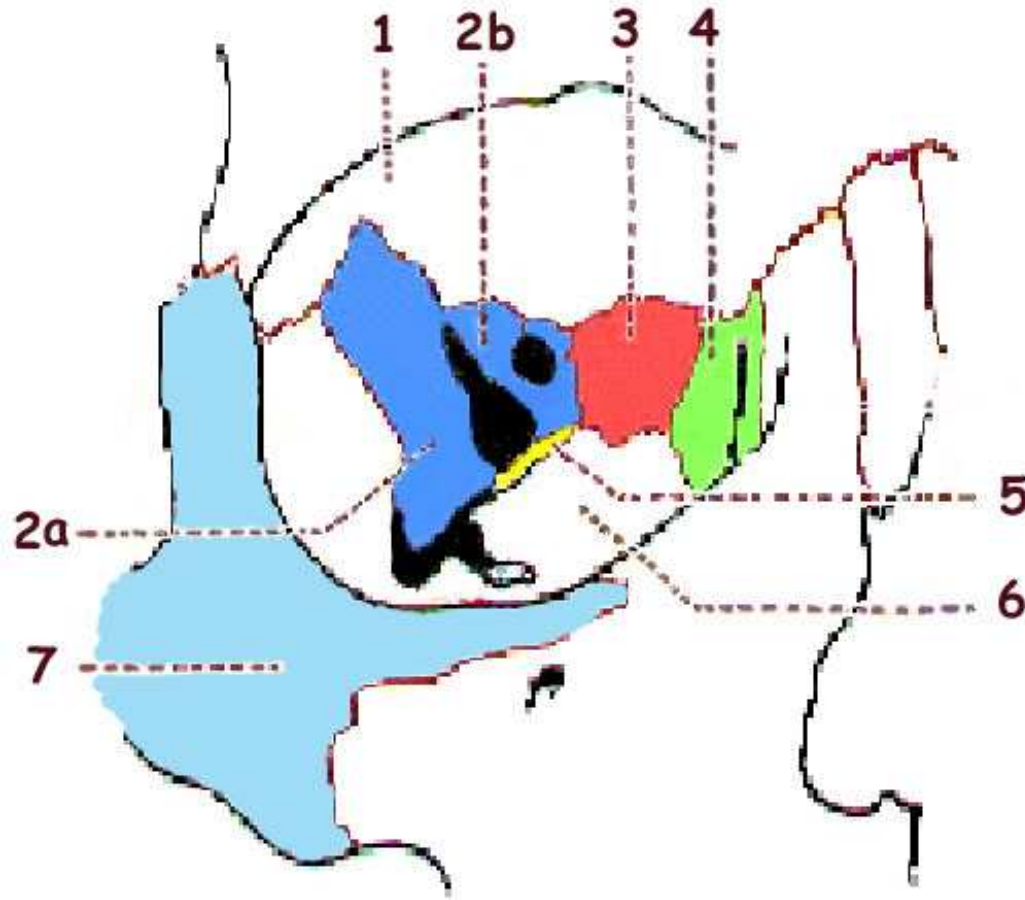
Зрителна кора

ОЧНИ  
ПРИДАТЪЦИ

# ОРБИТА



# ОРБИТА



1. **Os frontale**  
(sulcus supraorbitalis)

2a,b. **Os sphenoidale**  
(ala major & ala minor)

3. **Os ethmoidale**  
(lamina perpendicularis)

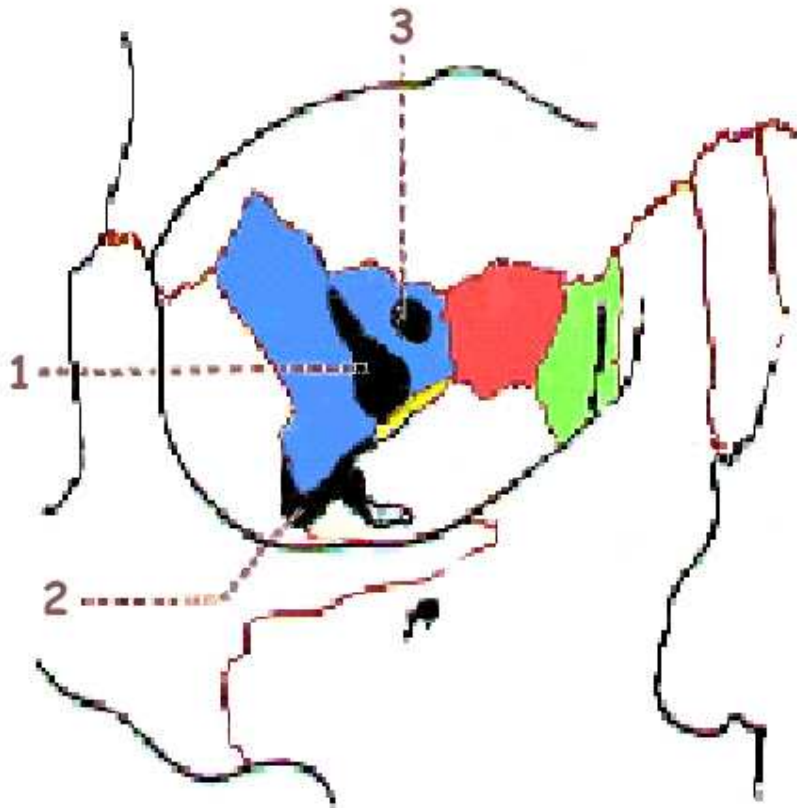
4. **Os lacrimale**  
(fossa sacci lacrimalis)

5. **Os palatinum**

6. **Os maxillare**  
(sulcus infraorbitalis)

7. **Os zygomaticum**

# ОРБИТА



## fissura orbitalis superior

n. ophthalmicus - ЧМН V (сетивен)

3 кл. – r. lacrimalis, r. frontalis и r. nasociliaris

n. oculomotorius - ЧМН III (моторен)

n. trochlearis - ЧМН IV (моторен)

n. abducens - ЧМН VI (моторен)

PSyNS

v. orbitalis sup.

## fissura orbitalis inferior

n. maxillaris - ЧМН V (сетивен)

2 кл. - n. zygomaticus и n. infraorbitalis

v. orbitalis inf.

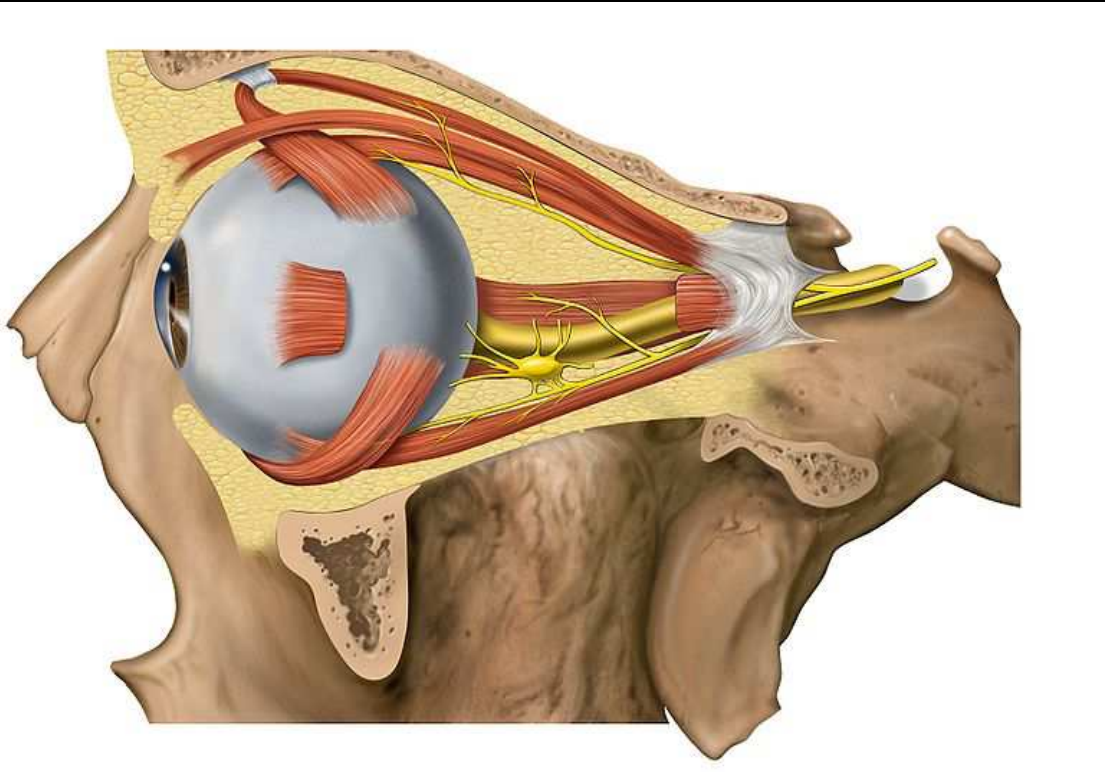
## canalis nervi optici

n. opticus - ЧМН II (сетивен)

a. ophthalmica

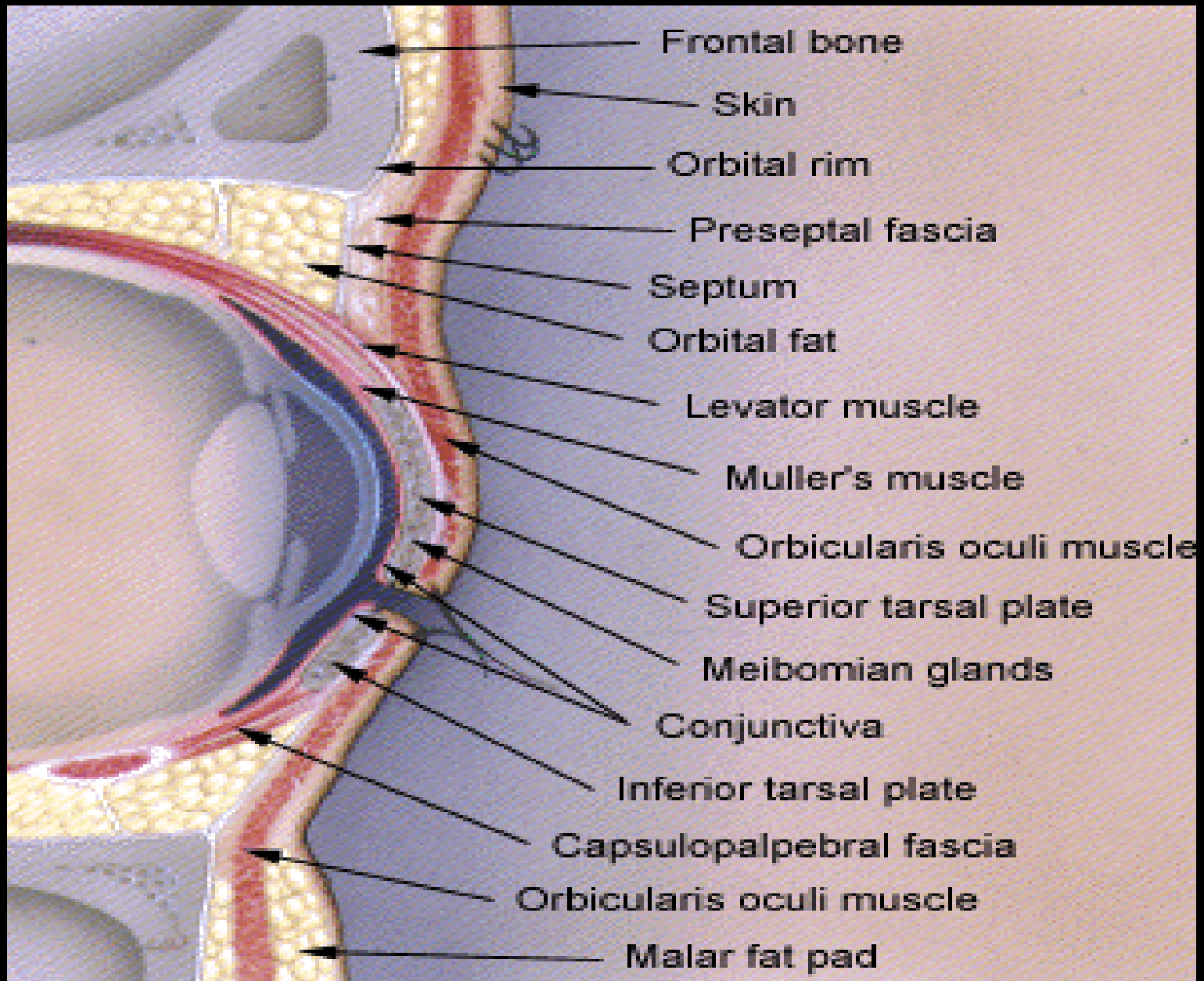


# СЪДЪРЖИМО НА ОРБИТАТА



- очна ябълка
- слъзна жлеза
- екстраокуларни мускули
- мастна тъкан
- съединителна тъкан
- нерви
- кръвоносни съдове

# КЛЕТЧАЧИ



# КЛЕПАЧИ

## Функции:

- протекция на окото
- овлажняване на очната повърхност
- почистване на очната повърхност

## Анатомия:

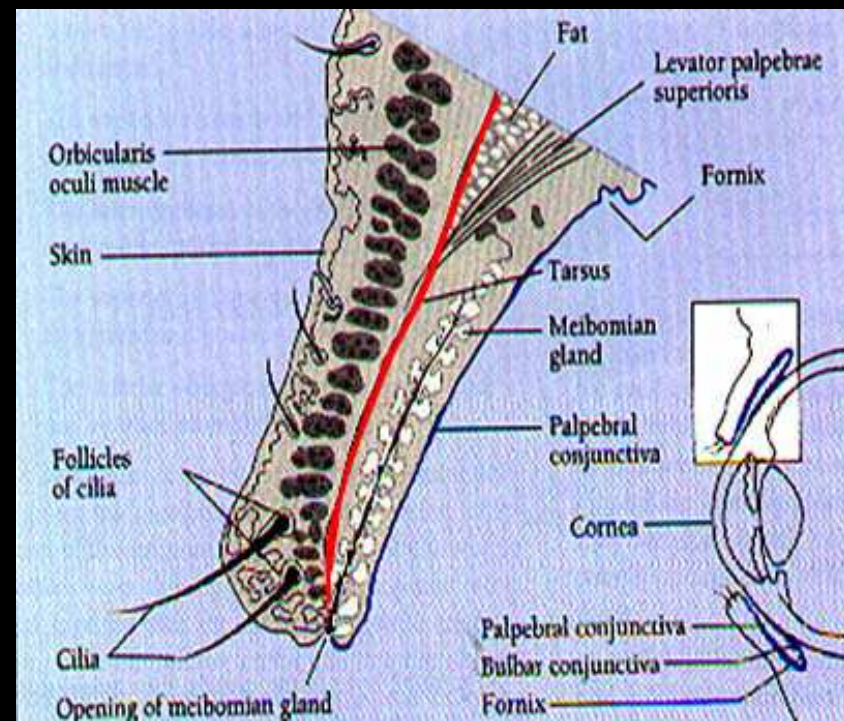
### Предна ламела:

- кожа
- хлабава съединителна тъкан
- клепачни мускули (m. orbicularis oculi с 2 части;  
n. facialis)
- Fascia orbicularis posterior

### Задна ламела:

- орбитален септум
- тарзална пластина с мастни жлези на Мейбомий
- тарзална (клепачна) конюнктива с акцесорни слъзни жлези

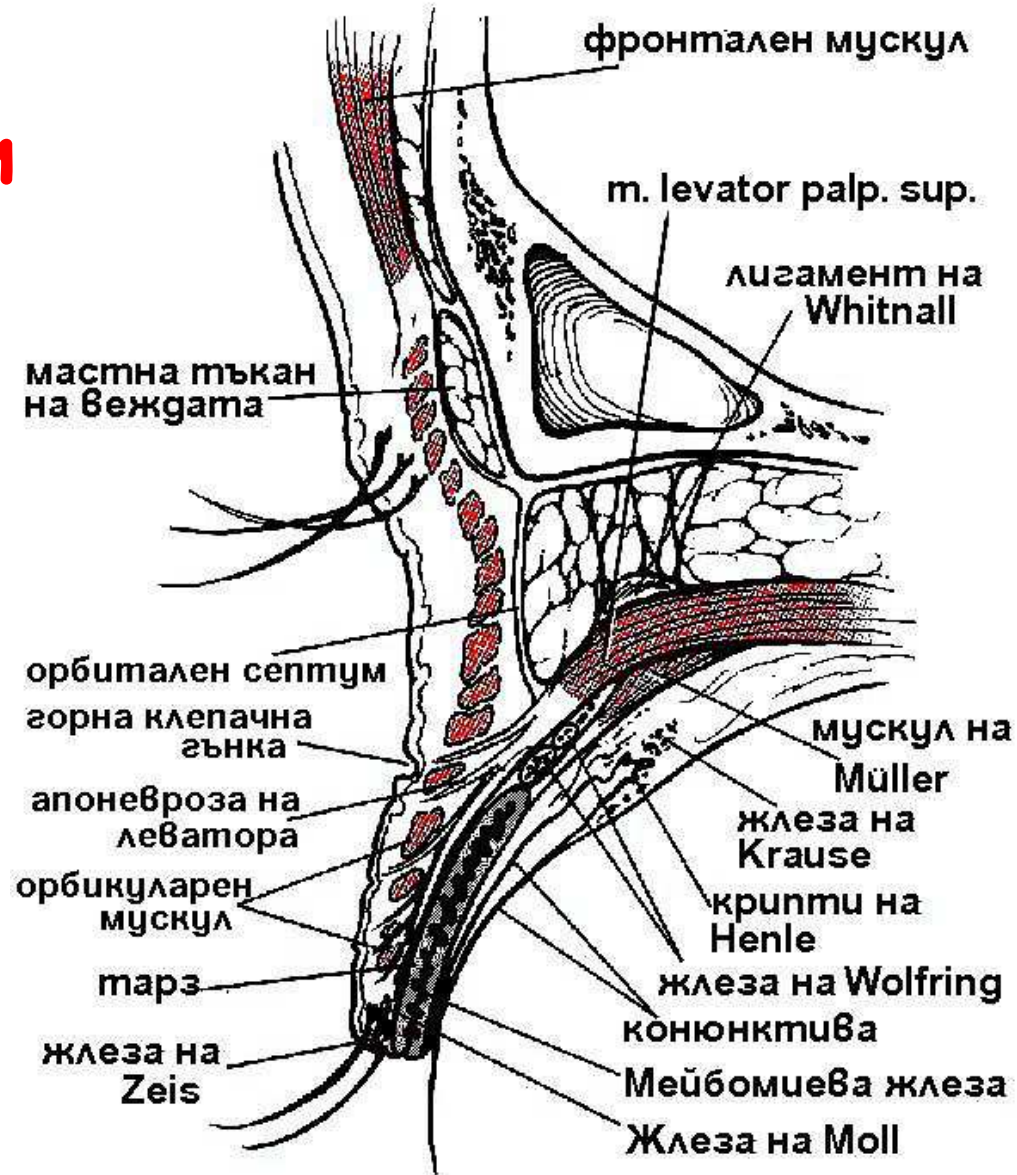
Клепачен ръб с мигли и жлези на Цайс и Мол



# Мускули ретрактори на горния клепач

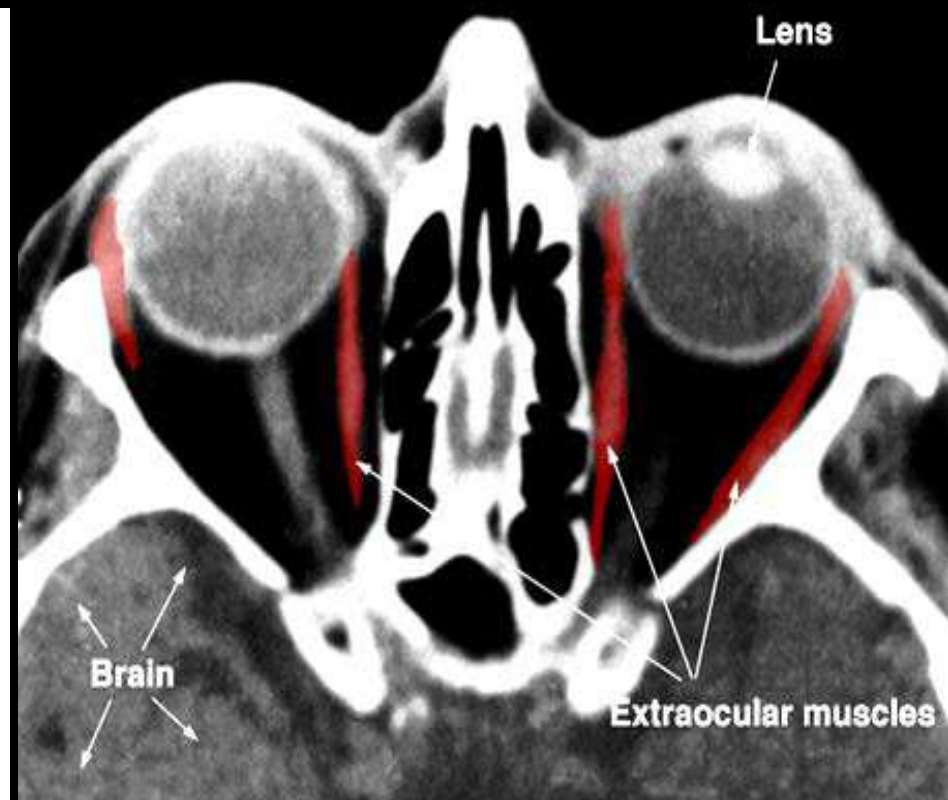
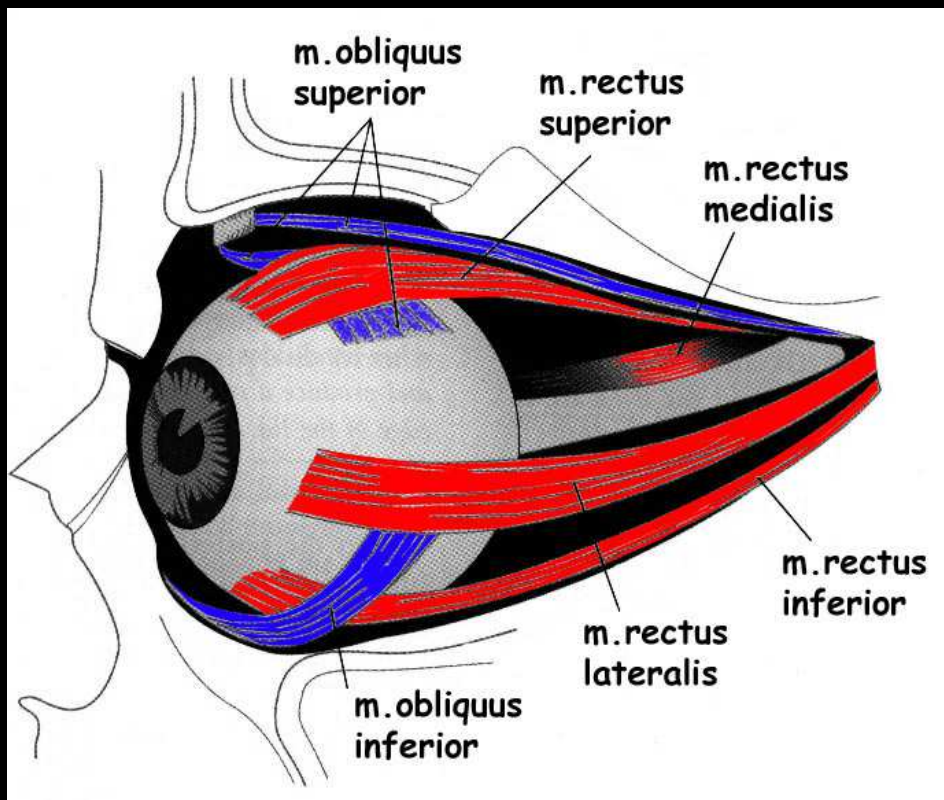
1. m. levator palpebre superior (ЧМН III)

2. мускул на Мюлер (симпатикова инервация)





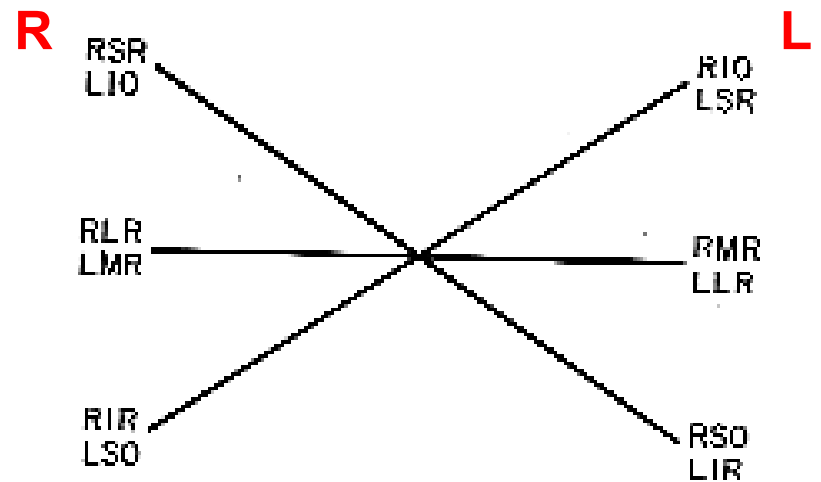
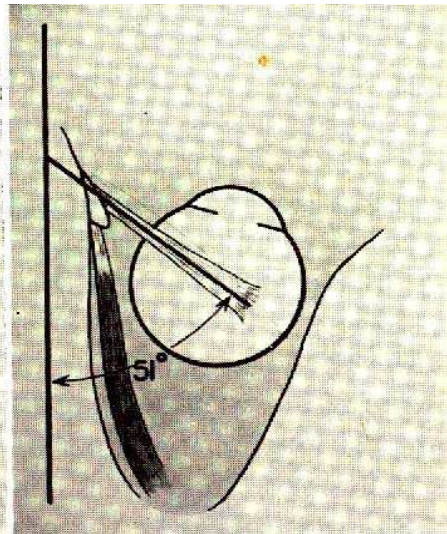
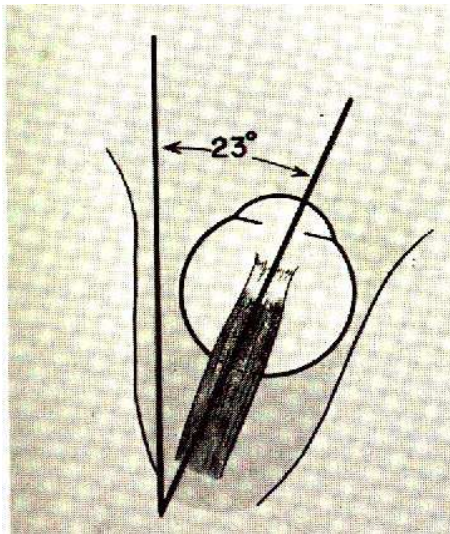
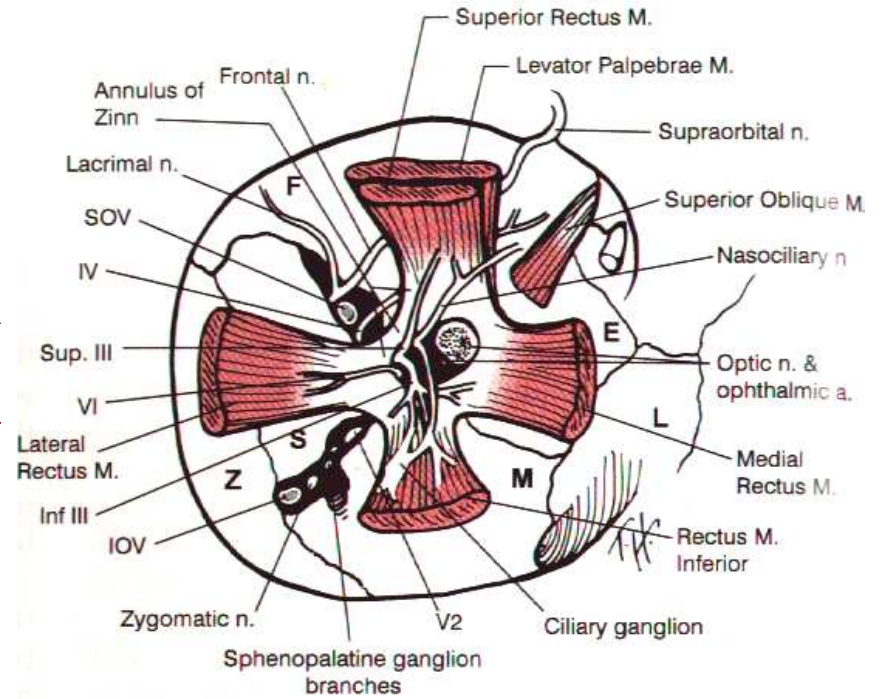
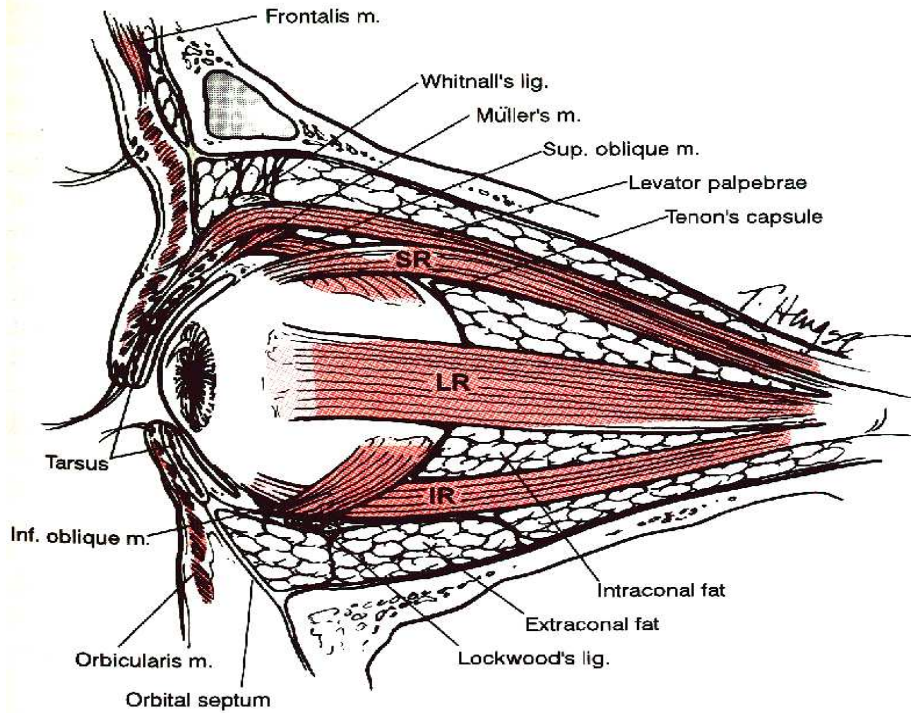
# ЕКСТРАОКУЛАРНИ МУСКУЛИ



# ЕКСТРАОКУЛАРНИ МУСКУЛИ

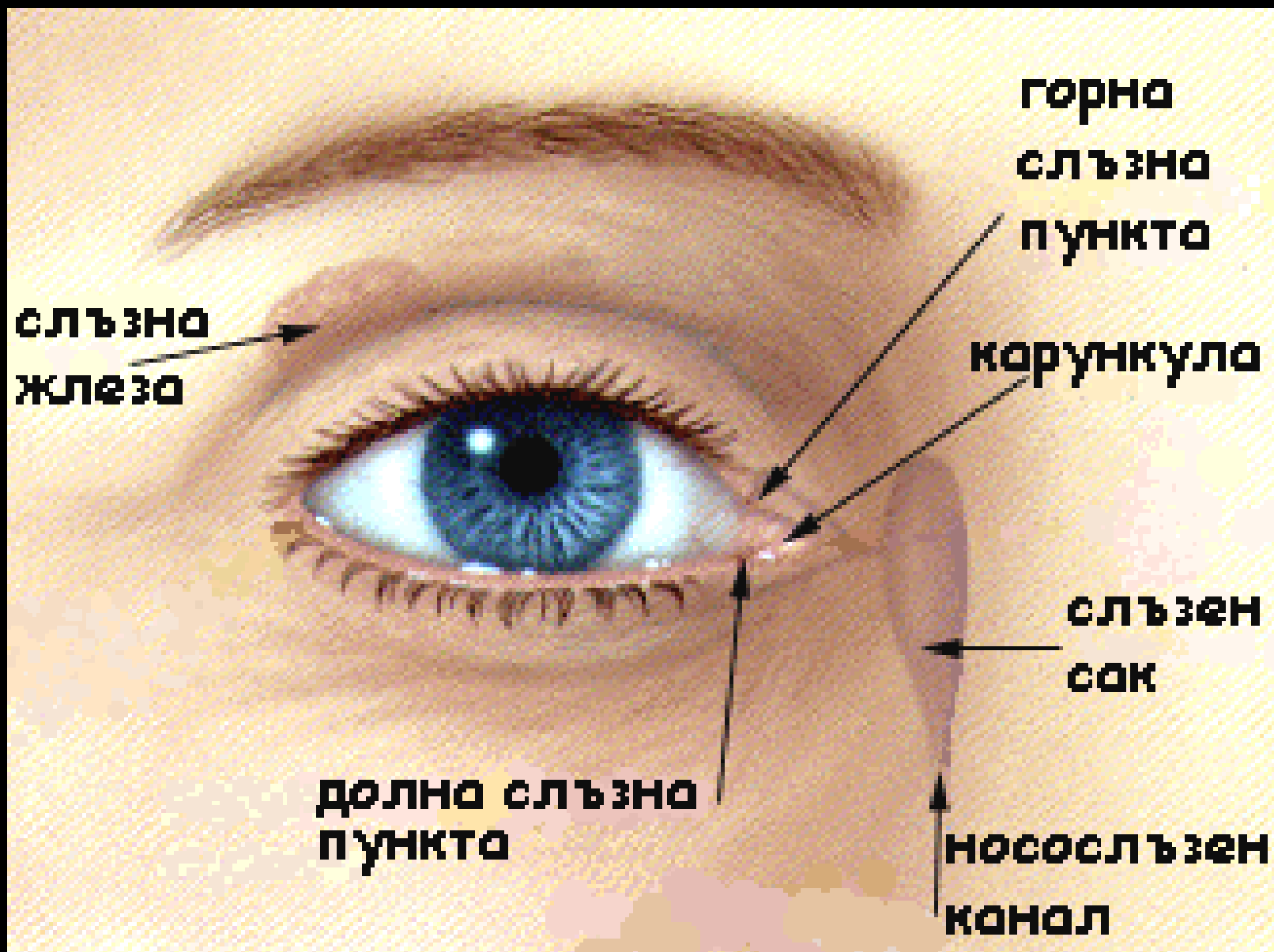
1. **m. rectus medialis /RM/** - ротация на окото назално (аддукция); ЧМН III (n. oculomotorius)
2. **m. rectus lateralis /RL/** - ротация на окото латерално (абдукция); ЧМН VI (n. abducens)
3. **m. rectus superior /RS/** - ротация на окото нагоре, медиално и инторзия (ротация навътре); ЧМН III (n. oculomotorius)
4. **m. rectus inferior /RI/** - ротация на окото надолу, медиално и ексторзия (ротация навън); ЧМН III (n. oculomotorius)
5. **m. obliquus superior /OS/** - ротация на окото надолу, латерално и инторзия (ротация навътре); ЧМН IV (n. trochlearis)
6. **m. obliquus inferior /OI/** - ротация на окото нагоре, латерално и ексторзия (ротация навън); ЧМН III (n. oculomotorius)

# ЕКСТРАОКУЛАРНИ МУСКУЛИ





# СЛЪЗЕН АПАРАТ





# СЛЪЗЕН АПАРАТ

СЛЪЗНА ЖЛЕЗА

ТАРЗ

ПУНКТИ

КАНАЛИКУЛИ

КЛАПА НА  
ROSENMUELLER

СЛЪЗЕН САК

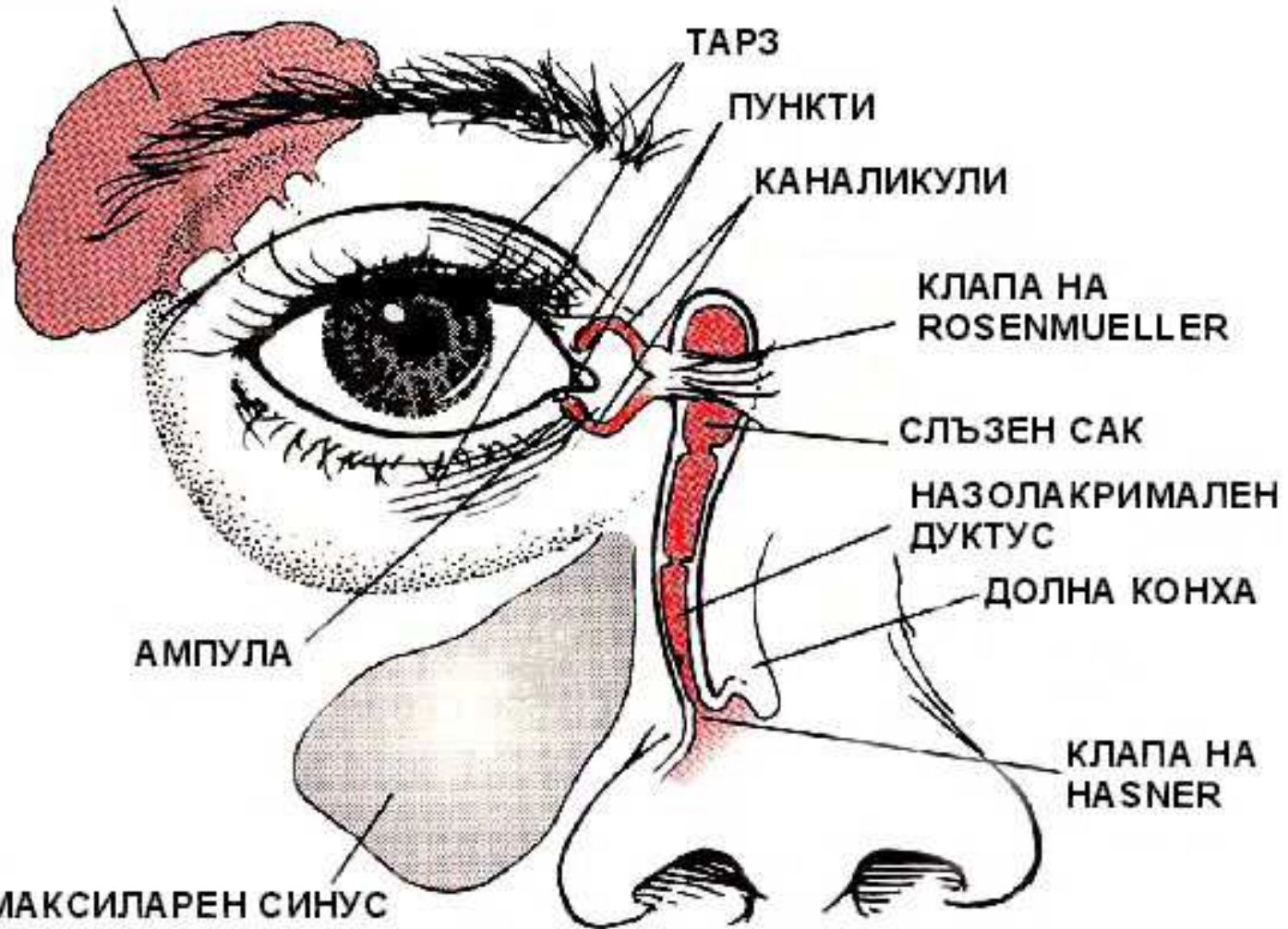
НАЗОЛАКРИМАЛЕН  
ДУКТУС

ДОЛНА КОНХА

КЛАПА НА  
HASNER

АМПУЛА

МАКСИЛАРЕН СИНУС



# СЛЪЗЕН ФИЛМ

## Вътрешен (муцинозен) слой

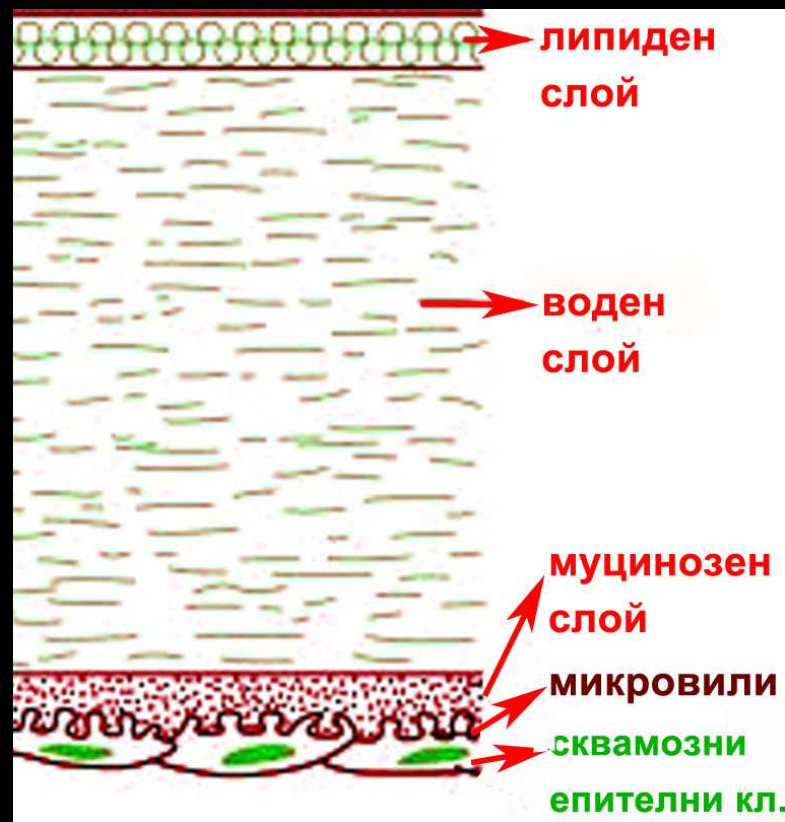
- Муцинът се продуцира от *гоблетните* клетки на конюнктивата
- Фиксиран е върху роговичната повърхност от епителните *микровили*
- Функция - задържа водния слой на слъзния филм към *хидрофобната* роговична повърхност

## Среден (воден) слой

- Продуцира се от *слъзната жлеза* и жлезите на Краузе и Волфринг
- Съдържа протеини, бактерициден *лизозим*, антибактериални и антивирусни *антитела* и неорганични елементи;  $pH = 7.3$
- Функция - овлажняване, оксигенация и хранене на роговицата

## Външен (липиден) слой

- Състои се от мастна субстанция, продуцирана от жлезите на *Мейбомий* и *Цайс*
- Функция - предпазва слъзния филм от *изпаряване*



АНАТОМИЯ  
НА ОКОТО И НЕГОВИТЕ  
ПРИДАТЪЦИ

ЧАСТ 2

ОЧНА  
ЯБЪЛКА

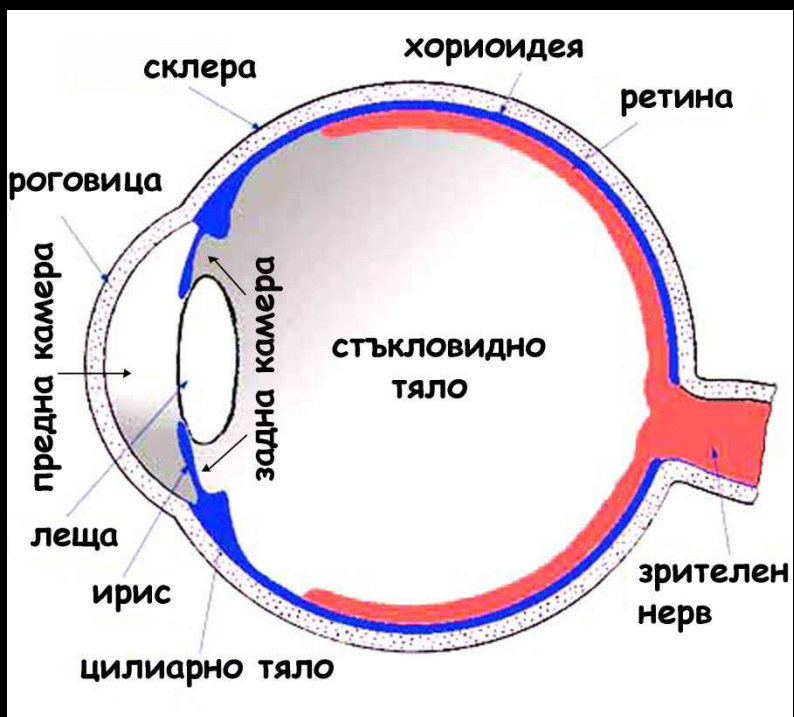
# Асиметрична сфера с дължина 24 – 25 mm и обем 6.5 ml

## 3 обвивки:

1. **външна (фиброзна)** – роговица (cornea) и склера (sclera)

2. **средна (съдова)** – увея (uvea):  
ирис (iris), цилиарно тяло (corpus ciliaris) и хориоидея (choroidea)

3. **втрешна (сензорна)** – ретина (retina)



## 3 камери:

1. **предна** (м/у роговица и ирис)

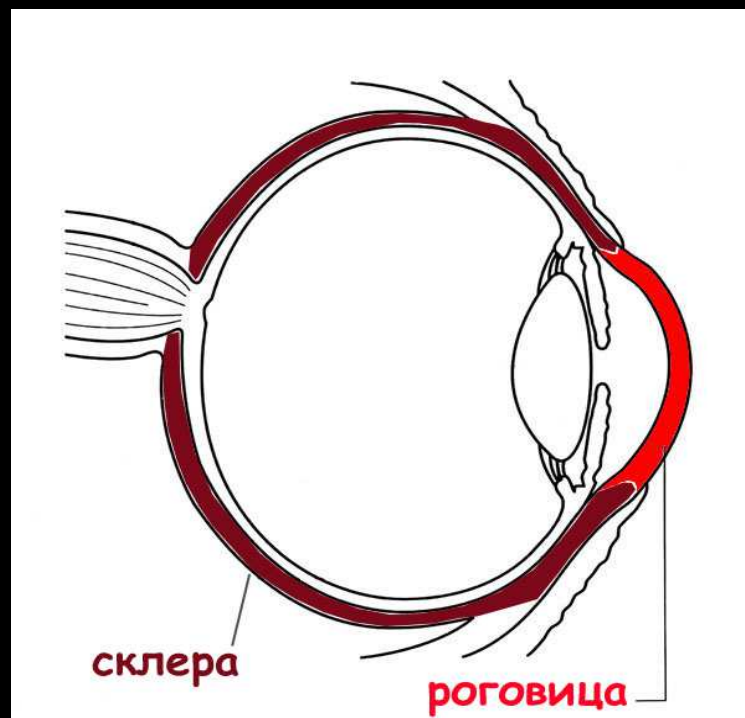
2. **задна** (м/у ирис и ст. тяло)

3. **стъкловидна** (м/у ирис и ретина)

Първите две камери са изпълнени с течност (humor aqueous); третата – с по-вискозна течност - стъкловидно тяло (corpus vitreum)

**Леща (lens)** – прикрепва се за цилиарното тяло с радиерни лигаменти – zonula Zinnii

# РОГОВИЦА (CORNEA)



- повърхност – **1/6** от повърхността на булба;
- леко елиптична (**11.5 mm** хоризонтално/ **11 mm** вертикално);
- дебелина централно – **0.6 mm** и периферно – **1.2 mm**;
- рефракционна сила: **43-45 diopters(D)** – 2/3 цялата (**55-65D**)

## ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- ГЛАДКА
- ЛЪСКАВА
- ПРОЗРАЧНА
- СЕТИВНА

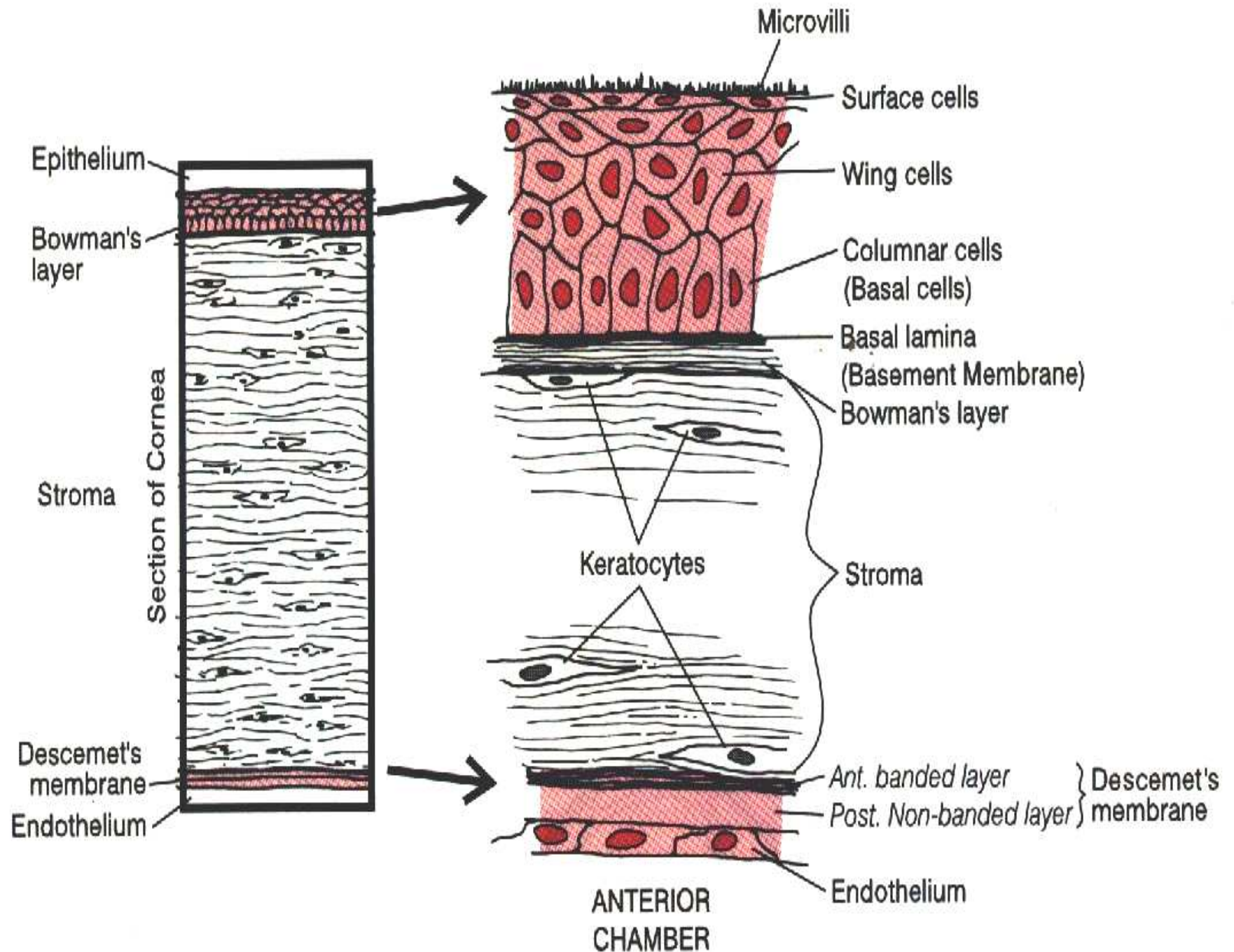
# ХИСТОЛОГИЯ НА РОГОВИЦАТА

(СВЕТЛИННО-МИКРОСКОПСКИ СЛОЕВЕ)

1. епител
2. слой (мембрана) на Бауман
3. строма
4. мембрана на Десцemet
5. ендотел

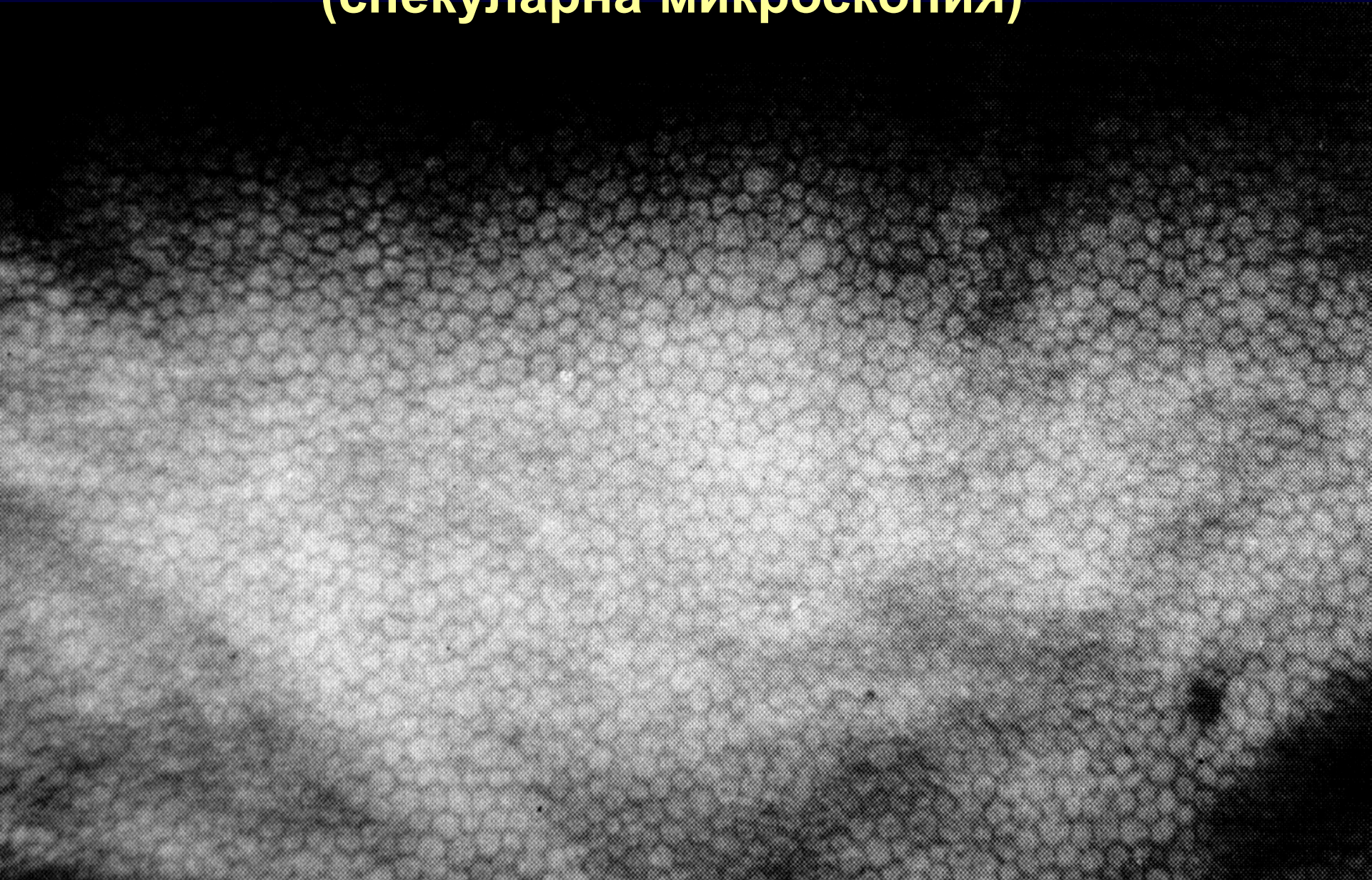
- **ЕПИТЕЛ** – 3 типа клетки:
  - **ПОВЪРХНОСТНИ** – плоски, без кератин, с микровили;
  - **КРИЛОВИДНИ** – 3 слоя;
  - **БАЗАЛНИ** (герминативни) – 1 слой кубични клетки, продуцират базална мембрана.
- **СЛОЙ НА BOWMAN** – уплътнена строма
- **СТРОМА** – високо организирана съединителна тъкан:
  - клетки (**кератоцити**), фибри (**колаген и еластин**);
  - интерстициална тъкан (**мукополизахарида** – протеогликаните кератин и хондроитин сулфат + протеин)
- **МЕМБРАНА НА DESCMET** – ендотелна базална мембр.
- **ЕНДОТЕЛ** – 1 слой хексагонални кл., 3000 кл/кв.мм, без митотично делене (уголемяване и миграция)







# Нормален ендотел на 57-годишна жена (спекуларна микроскопия)



# ПРОЗРАЧНОСТ НА РОГОВИЦАТА

АРХИТЕКТОНИКА

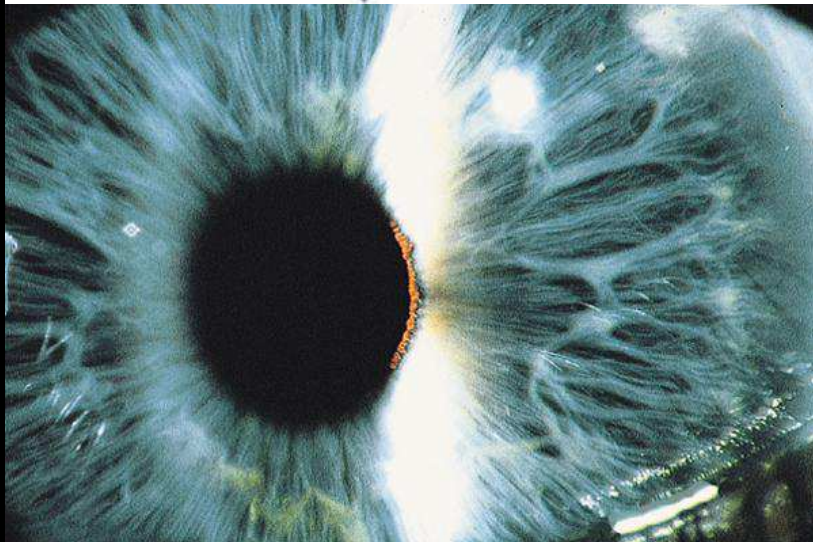
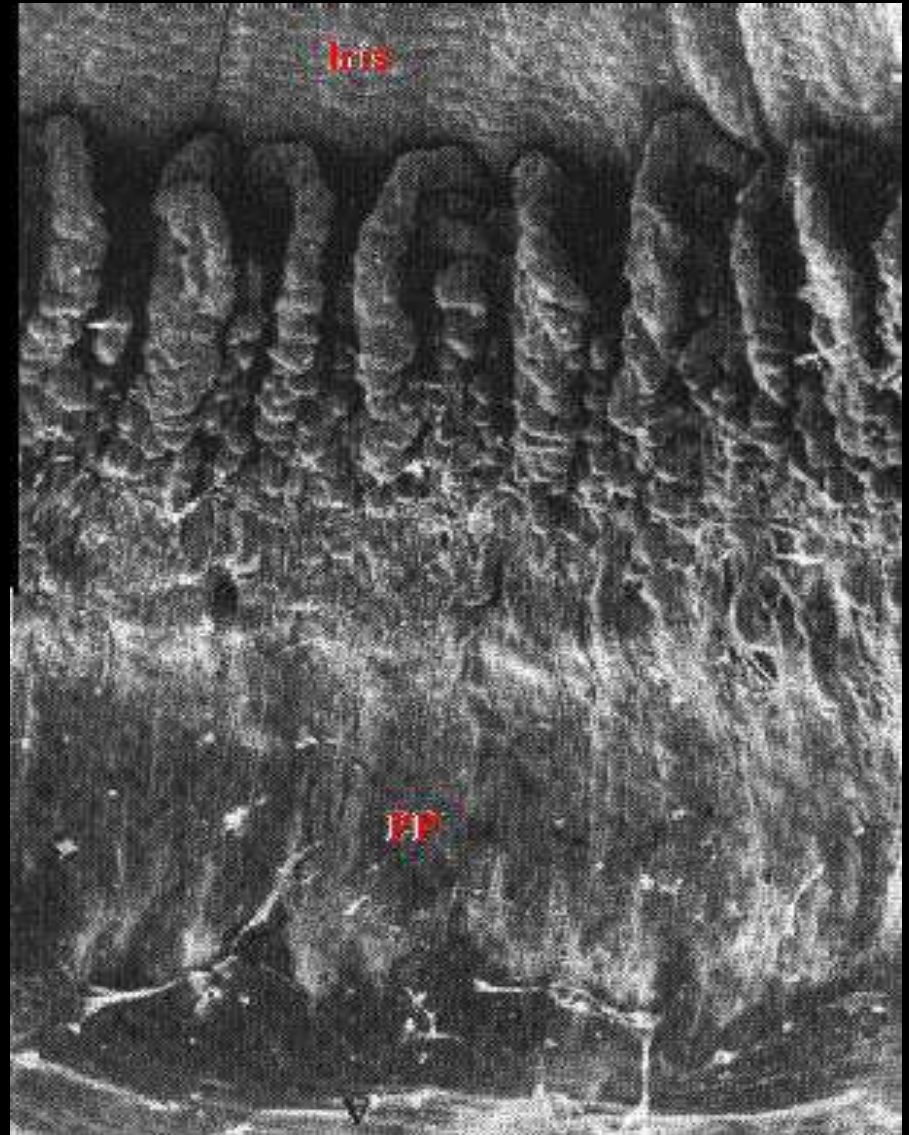
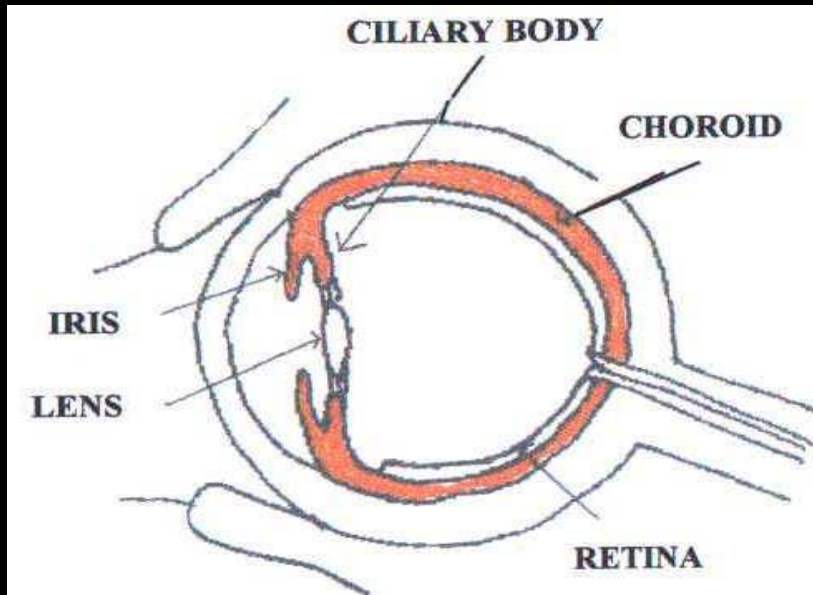
КРЪВОНОСНИ СЪДОВЕ - НЕ

НЕРВНИ АКСОНИ БЕЗ МИЕЛИН



# УВЕАЛЕН ТРАКТ

**Състои се от:** ирис (iris), цилиарно тяло (corpus ciliaris) и хориоидея (choroidea);



# ИРИС

мускуло-васкуларна, оцветена диафрагма,  
с централно отверстие – **зеница**

- **строма** (4)

- съединителна тъкан с плоски кл., мускули, кръвоносни съдове и пигментни клетки – **меланоцити**;

- покрит с един ред **ендотелни клетки** (1), с изключение на криптите (депресии) и два слоя **пигментен епител** (3) по задната повърхност на ириса – продължение на епитела на цилиарното тяло и ретината

- **мускули** – два антагониста:

- m. sphincter pupillae (2), PSyNS

- m. dilator pupillae (радиални вл.), SyNS

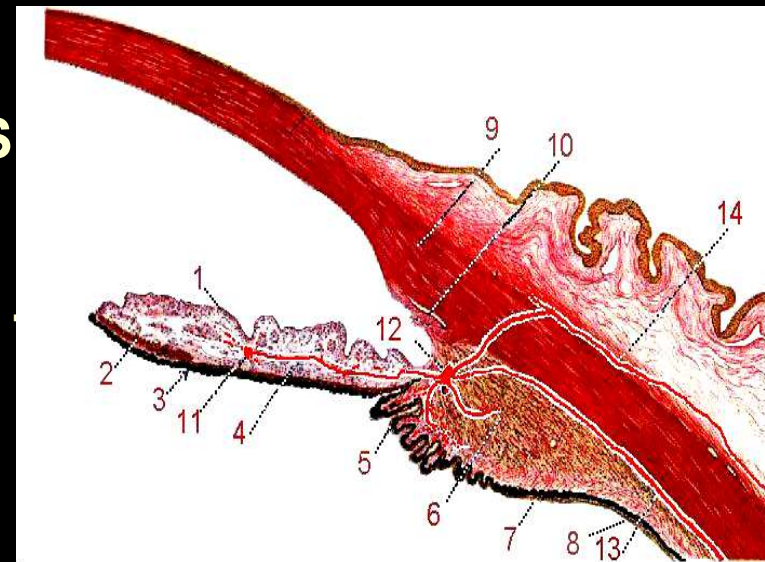
- **васкуларизация**

- предни (13) и задни (14) цилиарни съдове

- circulus arteriosus major** (12)

- с радиални клончета към

- circulus arteriosus minor** (11);





# ЦИЛИАРНО ТЯЛО

- разположено между ириса и хориоидеята

- **pars plicata** (5) – предна част (дължина 2 mm),

- 75 цилиарни израстъци (гънки), даващи начало на **циновите връзки**, които поддържат лещата;

- **епител 2 слоя:**

- непигментирани секреторни кл., продуциращи вътреочната течност и осъществяващи

- кръвно-ликворна бариерна функция

- пигментирани кл. към стромата

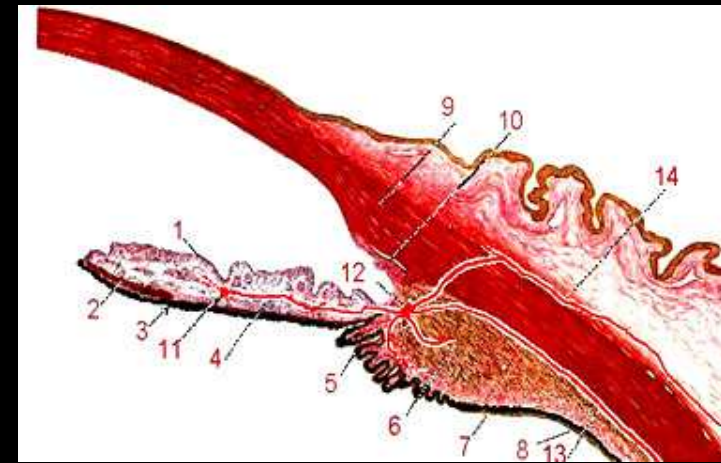
- **m. ciliaris** – формиран е от 3 мускула с общо начало; контракцията му води до отпускане на **циновите връзки** и в резултат еластичната леща увеличава кривината си (става по-сферична) и нараства **пречупвателната ѝ сила (акомодация)**

- **pars plana** (8) – задна част, гладка, 4mm

- непигментираният епител е продължение на сензорната част на ретината

- пигментираният епител е продължение на пигментния епител на ретината

- **кръвоснабдяване** – от предните и задни артериоли (*circulus arteriosus major*) и *vv. vorticosae*



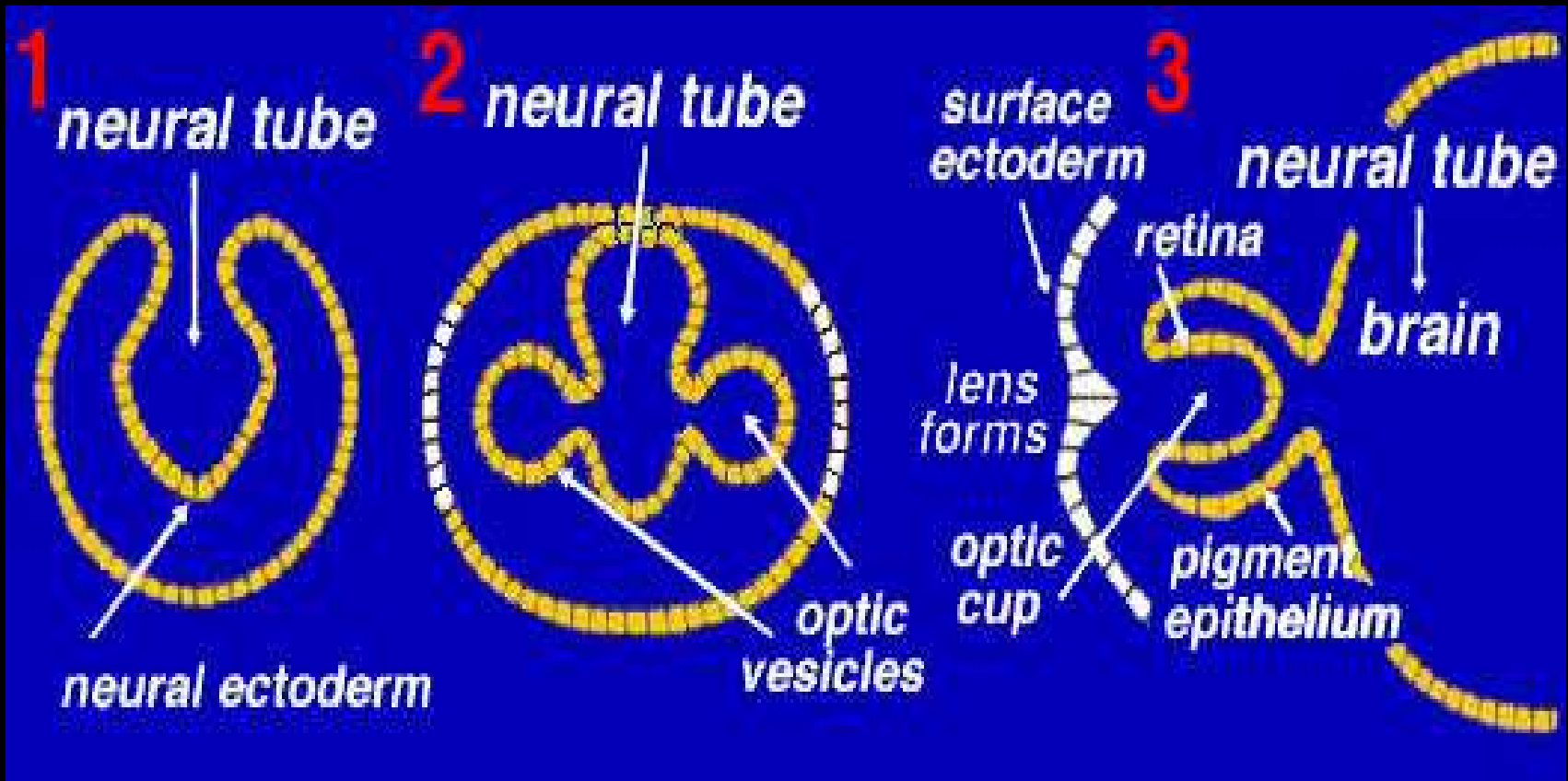
# ХОРИОИДЕЯ

- съдова структура (0.25 mm) между склерата и ретината
- започва от ora serrata до зрителния нерв
- между склерата и хориоидеята има *супрахориоидално пространство* с течност
- три съдови слоя (от ретината към склерата):
  - **хориокапиларис**  
плексус от фенестрирани съдове (най-големите капилляри в тялото съдържащи 70% от кръвта на окото) и към ретината е покрит с тънка еластична мембрана *lamina vitrea* или *мембраната на Bruch*
  - **слой на средни съдове** (*слой на Sattler*)
  - **слой на големи съдове** (*външен слой на Haller*)
  - **кръвоснабдяване:** aa. ciliares posterior brevis
  - **инервация:** nn. ciliares posterior brevis

# РЕТИНА

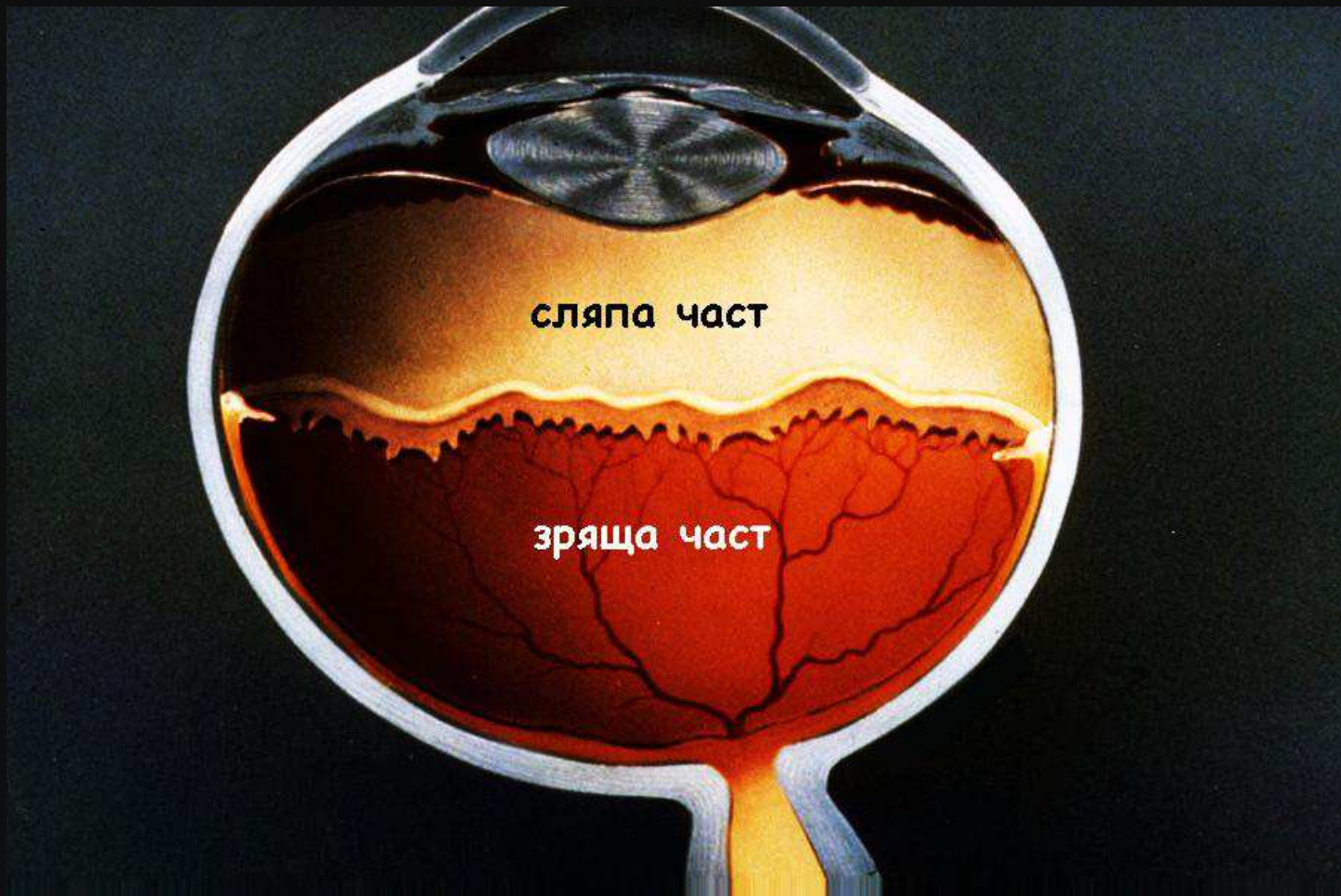
## Ембриология:

- между **6** и **12-та** гестационна седмица вътрешният слой на очната чашка се диференцира в сензорна ретина
- развитието на ретината завършва през **22-та** седмица;

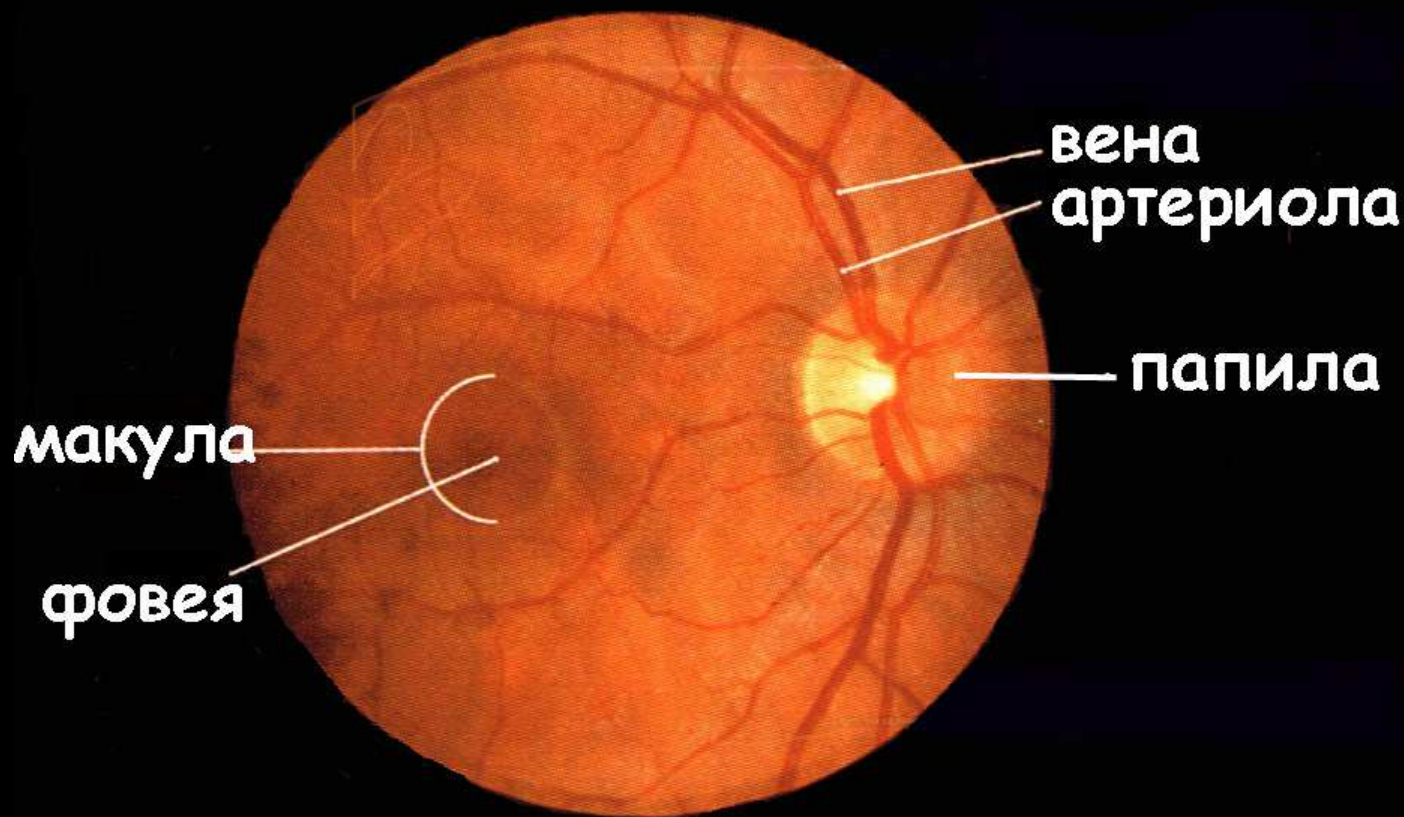




- **Pars optica retine** (зряща част) – започва от *ora serrata* (границата с pars plana corporis ciliaris), която е локализирана на около 6 – 7 mm от лимба;
- **Pars ceca retine** (сляпа част) – зоната предно на *ora serrata*.



# Офталмоскопична картина на очното дъно (ретина и зрителен нерв)

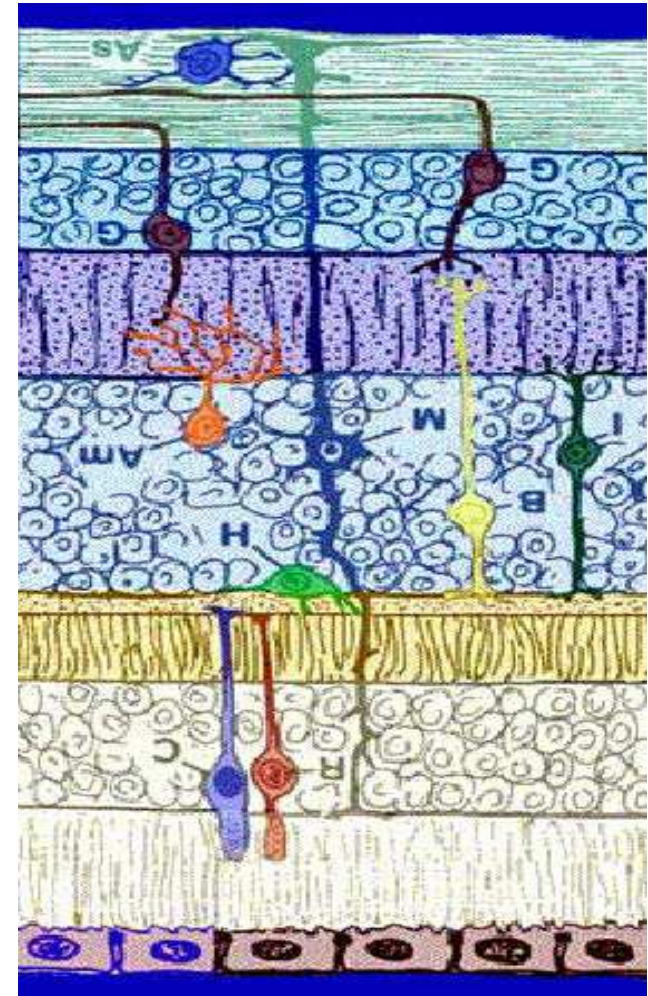
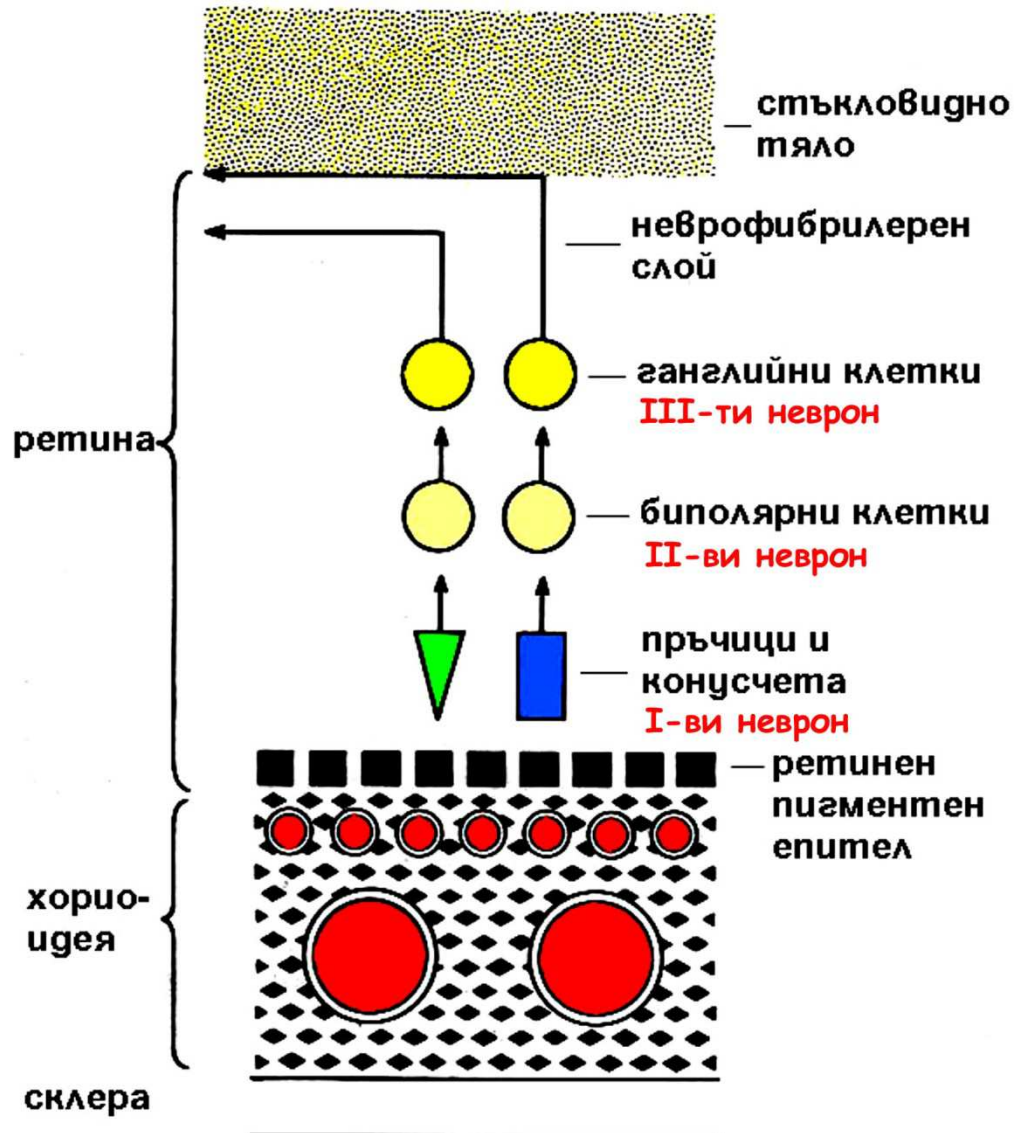


**макула** (macula lutea, жълто петно) – каротеноид или ксантофилен пигмент)

**фовея** (fovea centralis, централна ямка)



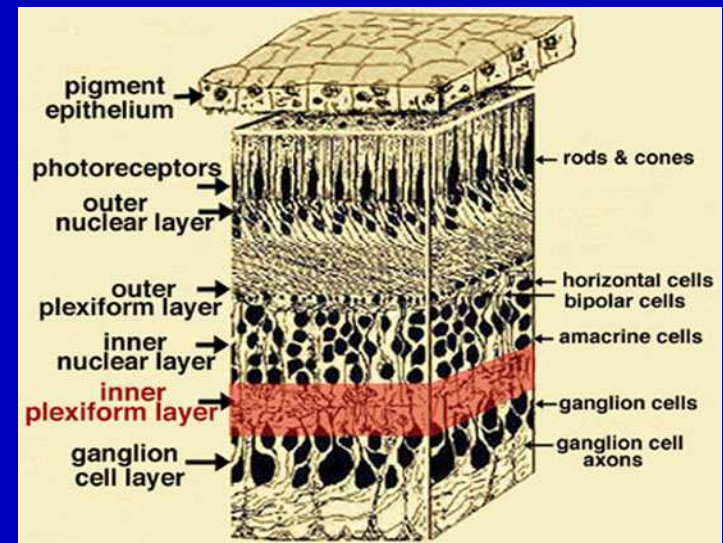
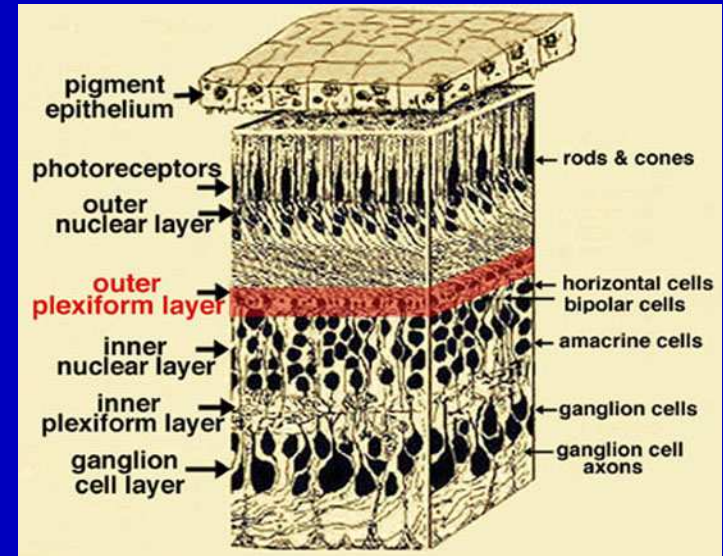
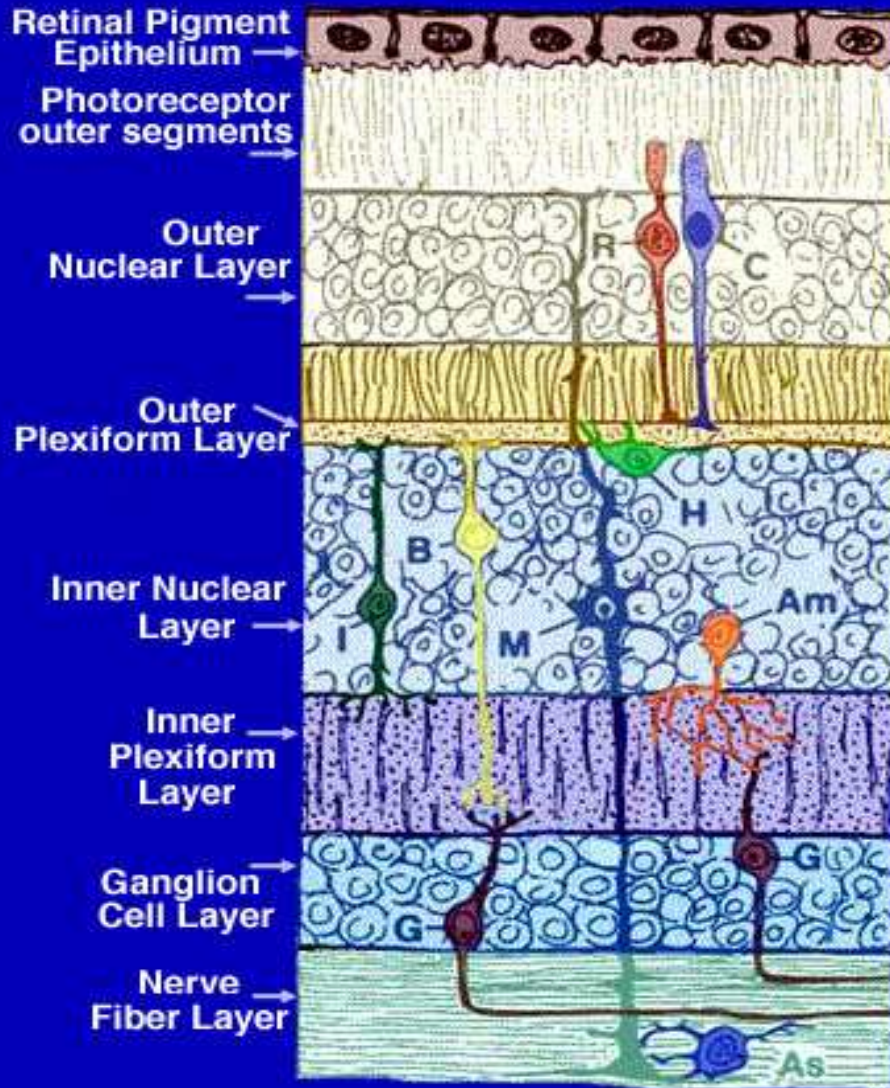
# ХИСТОМОРФОЛОГИЯ НА РЕТИНАТА





# РЕТИНА

## хистоморфология



# РЕТИНА

## МИКРОАНАТОМИЯ:

два слоя:

### • РЕТИНАЛЕН ПИГМЕНТЕН ЕПИТЕЛ (ВЪНШЕН СЛОЙ):

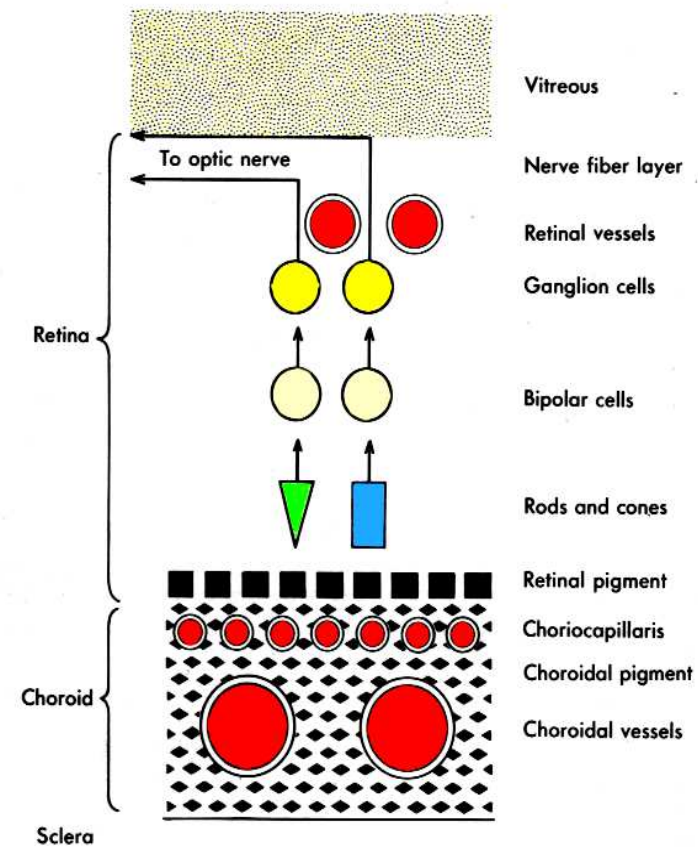
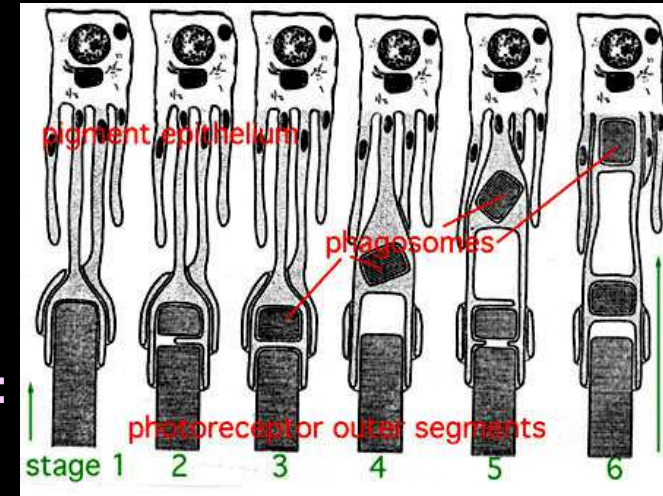
- 1 слой хексагонални епителни кл. лежащи в/у мембраната на Брух (Bruch)
- съдържа фагозоми и меланинови гранули

#### - функции:

- абсорбция на разсеяни светлинни лъчи
- регенерация на зрителния пигмент
- фагоцитоза
- активен транспорт и обмен на метаболити
- външна кръвно-ретинална бариера
- опора на фоторецепторните кл.

### • НЕВРОСЕНЗОРЕН СЛОЙ (ВЪТРЕШЕН):

- фоторецептори (първи неврон)
- биполарни клетки (втори неврон)
- ганглийни клетки (трети неврон)
- модулиращи клетки (хоризонтални и амакринни)
- опорни клетки (клетки на Мюлер /Müller/)





# • ФОТОРЕЦЕПТОРИ:

- инвертиран тип подреждане
- формират функционална единица с РПЕ

# РЕТИНА

- **пръчици:** 120 mil.

## ВЪНШЕН СЕГМЕНТ:

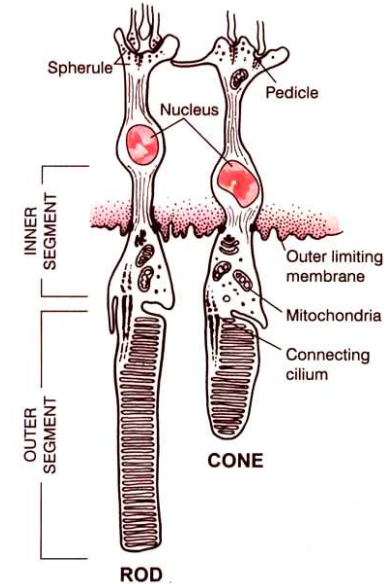
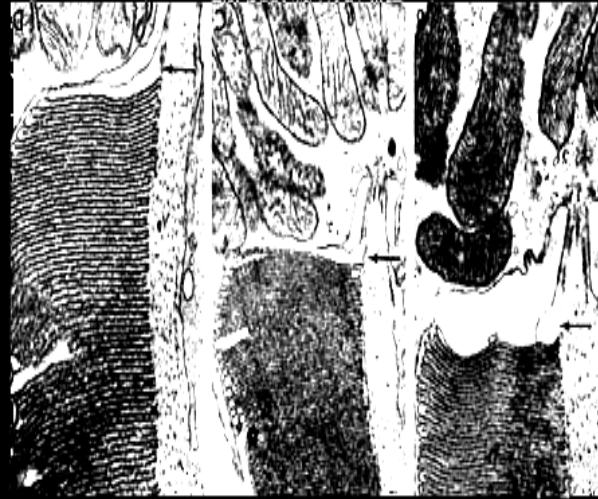
- клетъчна мембрана
- система от мембрани – 1000 двойни липидни диска, съдържащи зрителен пигмент, с период на разрушаване 1 – 5 диска на час и пълно обновяване за 10 – 14 дни

## ЦИЛИУМ

ВЪТРЕШЕН СЕГМЕНТ - mitochondria, Golgi bodies и ribosomes

## ЯДРО

## СИНАПТИЧНА ЗОНА



- **конусчета:** 6 mil.; регенерация за 9 месеца

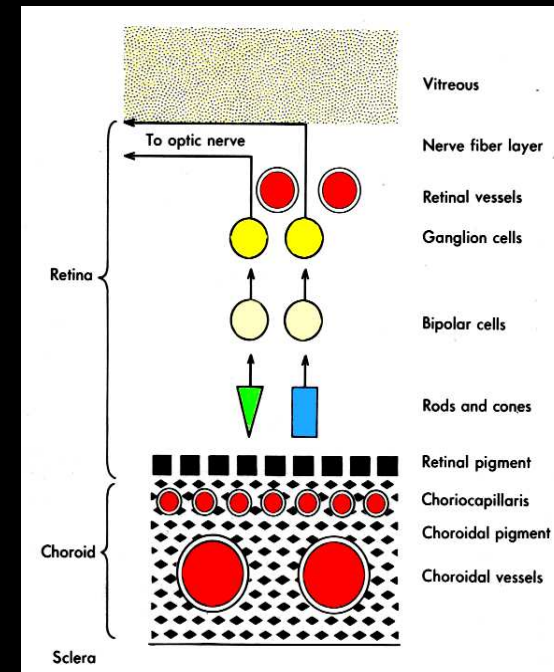
• **БИПОЛАРНИ КЛЕТКИ:** свързват фоторецепторите с ганглийните кл.

• **ГАНГЛИЙНИ КЛЕТКИ:** 1 mil.

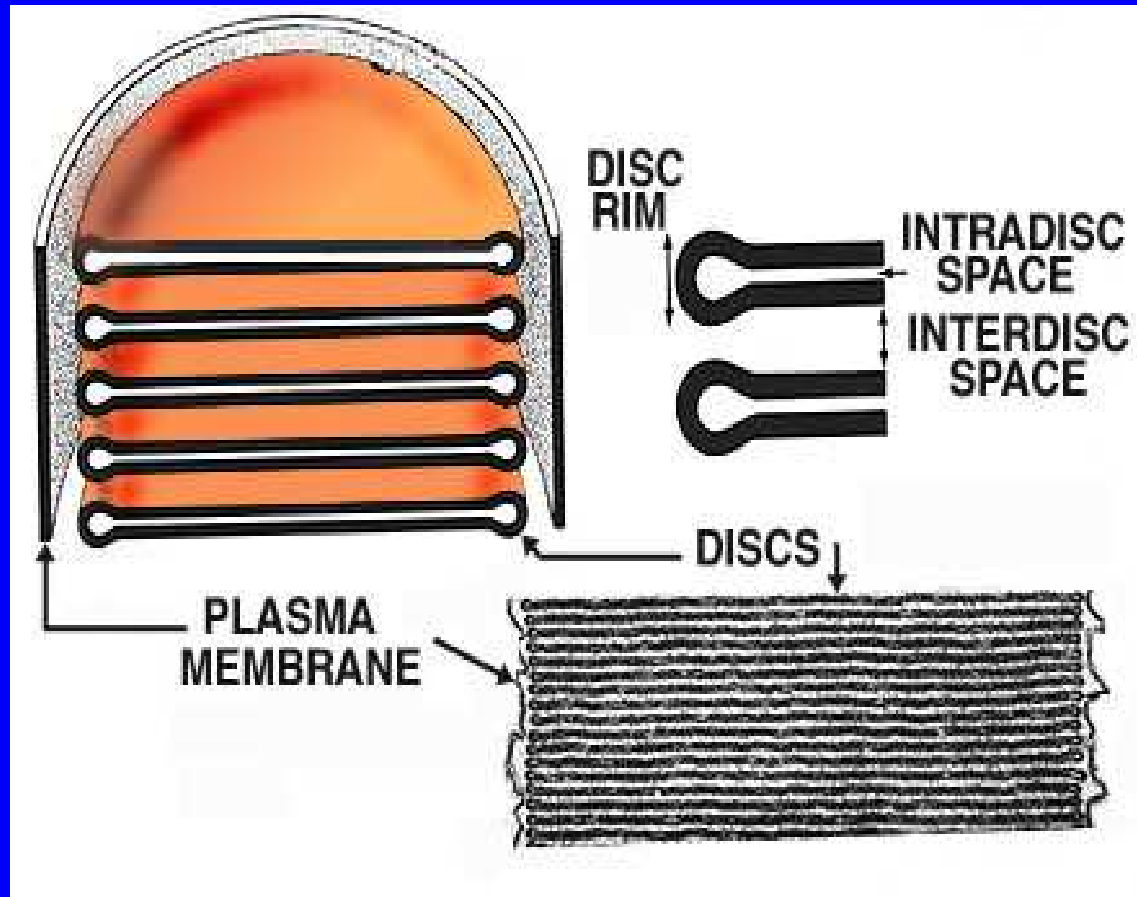
- свързват биполарната кл. с клетките на corpus geniculatum laterale
- във фовеята – конусче : ганглийна клетка = 1:1
- в периферията – пръчици : ганглийна кл. = 10 000:1

• **МОДЕЛИРАЩИ КЛЕТКИ:** хоризонтални и амакринни клетки

• **КЛЕТКИ НА MÜLLER:** глиални опорни клетки; формират membrana limitans externa и interna  
**функции:** опора, хранене и репарация (глиоза)



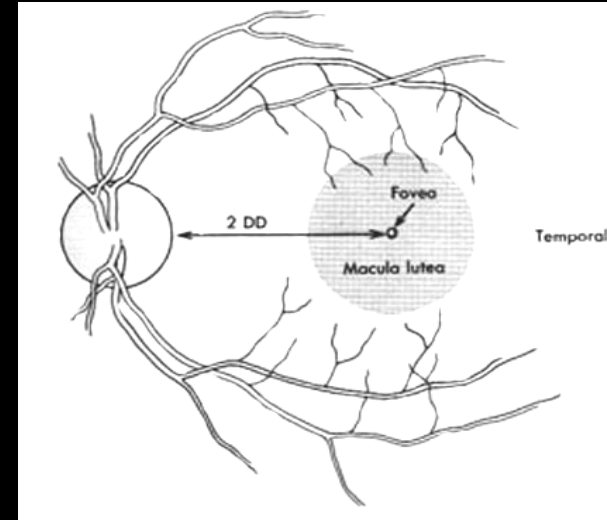
# ФОТОРЕЦЕПТОРИ



# РЕТИНА

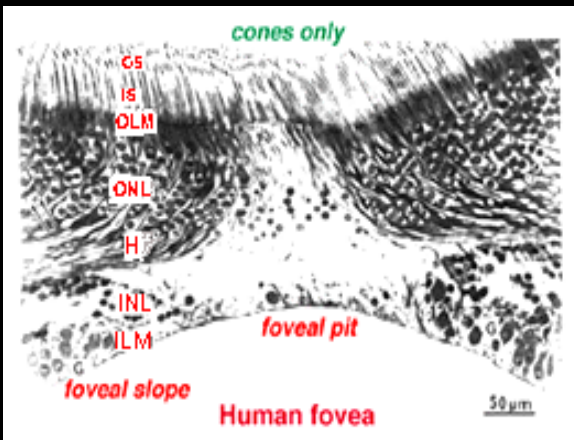
- **Фовея (фовеола): аваскуларна зона** (без капиляри) с 3 характеристики:

- **само конусчета** с максимална плътност (10% от всичките 6 mil.); глиални и Muller клетки
- периферно изместване на биполарните и ганглийни клетки
- 1 конусче се свързва с 1 биполарна кл. и с 1 ганглийна кл.

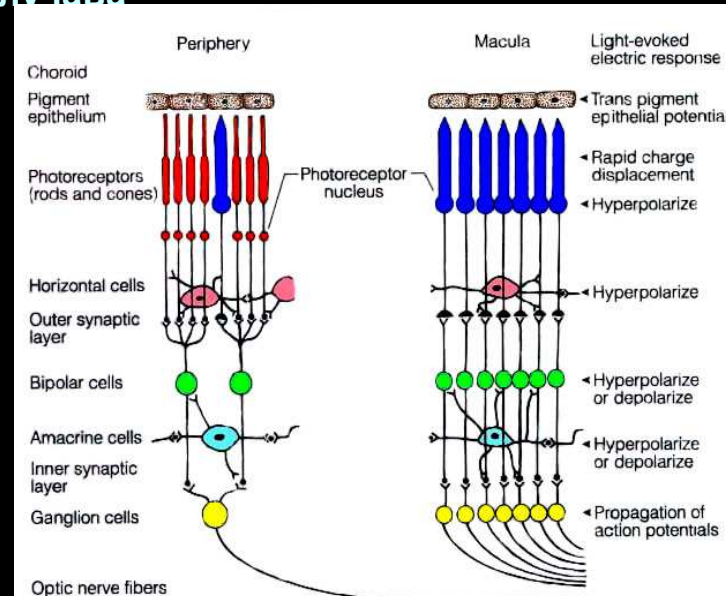


- **Ретинална периферия:**

- **пръчици** – с максимална гъстота на 18 градуса темпорално и на 23 градуса назално
- без периферно изместване на невроните
- много пръчици се свързват с 1 биполарна кл. и много биполарни кл. се свързват с 1 ганглийна кл.; една мозъчна клетка получава информация от много рецептори – **рецептивно поле** (процес на сумация на импулси)



- конусчета
- membrana limitans externa
- външен нуклеарен слой
- външен плексиформен слой (в макулата е по-дебел – фибрилерен слой на Henle)
- membrana limitans interna





# ОЧНА ЛЕЩА

Асиметрична, прозрачна, биконвексна структура в задната камера зад ириса и зеницата.

- екваториален диаметър 9 – 10 mm
- предно-заден  $\emptyset$  варира 4 – 5 mm (до 40 годишна възраст) – в процеса на акомодацията (опън или релаксация на циновите връзки в резултат на контракция на *m. ciliaris*); циновите връзки започват от криптите между цилиарните израстъци и се inserцират към екваториалната зона на лещената капсула

• **Капсула** – (от лещения епител) предната част е 2 пъти по-дебела

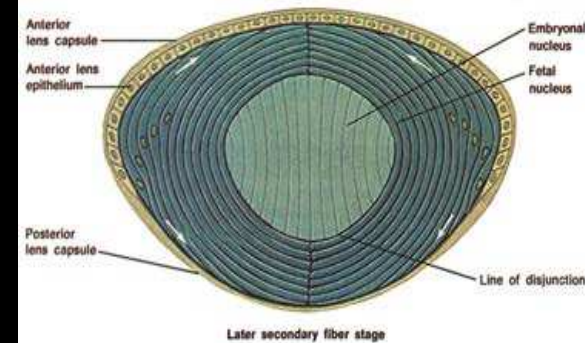
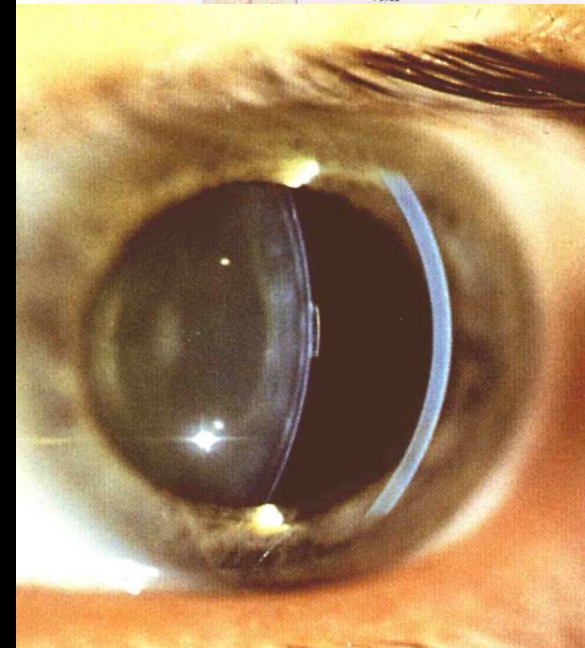
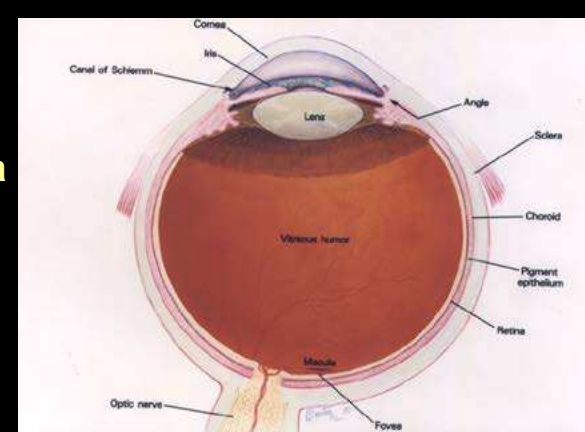
• **Епител** – под предната и екваториална капсула в преекваториалната зона (**герминативна**) клетките се делят митотично, удължават се под форма на фибри и формират нов външен слой; с възрастта слоевете се увеличават от 1.5 mil. при раждане до 80 mil. при възрастни;

• **Фибри** - **fibrillin** (с характеристика по-близо до elastin)

- localized to the zonules, lens capsule, ciliary processes and lamina cribrosa; in the elastic layer of large blood vessels fibrillin is found (ectopia, aneurysms – Marfan sy.)
- lens sutures – interdigitations of apical cell processes formed **anterior suture** and of basal cell processes – **posterior sutures** (so-called **Y-sut.**);
- multiple optical zones - strata of epithelial cells with differing optical densities are laid down throughout life

**Зонули** – формират се от базалната мембрана на непигментирания епител на цилиарното тяло и се закрепват за екваториалната лещена капсула

- **отсъствие на кръвоносни съдове** (хранене от вътреочните течности)
- **отсъствие на инервация**
- **лещата нараства през целия живот**
- **изолирана е от организма още от ембрионалния стадий с лещена капсула**



# СТЪКЛОВИДНО ТЯЛО (*Corpus vitreum*)

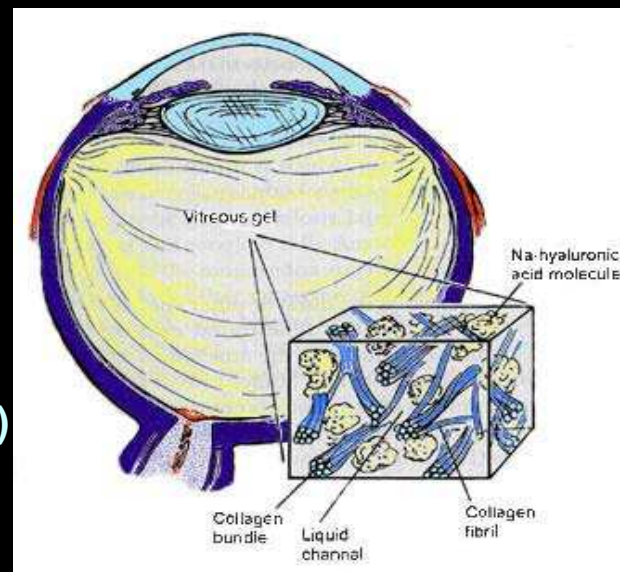
Вискозна, прозрачна структура, изпълваща окото – **хиалоидея** (“hyalos” – стъкло);  
Обем – 4/5 от обема на окото (4 – 4.5 ml) при еметропично око, 98% вода

## Ултраструктура:

- **хиалоцити (hyalocytes)** (витреални клетки)
  - **колагенови фибрили** организирани в мрежа от мембранели, които в централната част на гела оформят трактове с тубуларен аксиален тракт (**Cloquet's canal**)
  - **хиалуронова к-на (acidum hyaluronicum)** – мукополизахарид (mucopolysaccharide) – стабилизира колагеновата фибрилерна мрежа
- **границы:** membrana hyaloidea ant. et post.
- **кортекс:** кортикалният витреус е по-плътен – съдържа висока концентрация на колагенови фибрили и кл.;

## Прикрепване:

- **витреална база** (3 – 4 mm пръстеновидно прикрепване около ora serrata, много здраво)
- **lig. Weigerti** (8 – 9 mm пръстеновидно прикрепване към задната лещена капсула)
- **витреопапиларни адхезии** (виждат се като пръстена на Вайс (**Weiss ring**) при задно отлепване на ст. тяло)
- **съдови адхезии**
- **зони на витреоретинални дегенерации** ( lattice degeneration, cystic retinal tufts)



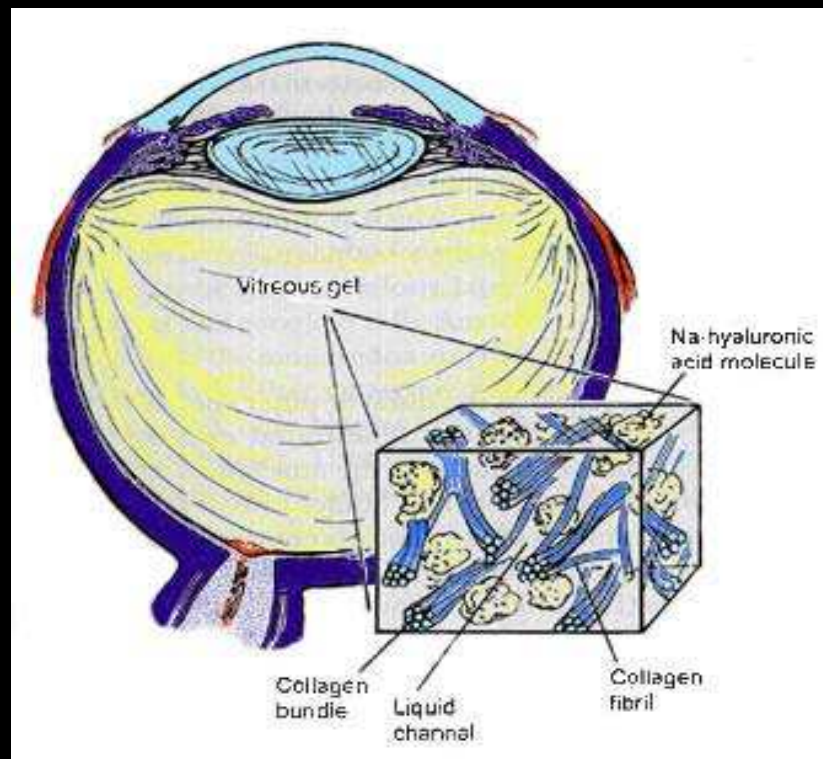
# СТЪКЛОВИДНО ТЯЛО (Corpus vitreum)

## Ембриология:

- **първично ст. тяло:** развива се към 5-та седмица, васкуларизирано, прикрепено към оптичната ямка и лещеното мехурче
- **вторично ст. тяло:** развива се до 28-та седмица, продуцира се от цилиарното тяло; регресия на кръвоносните съдове
- **третично ст. тяло:** развива се след 24-та седмица и формира лещените зонули

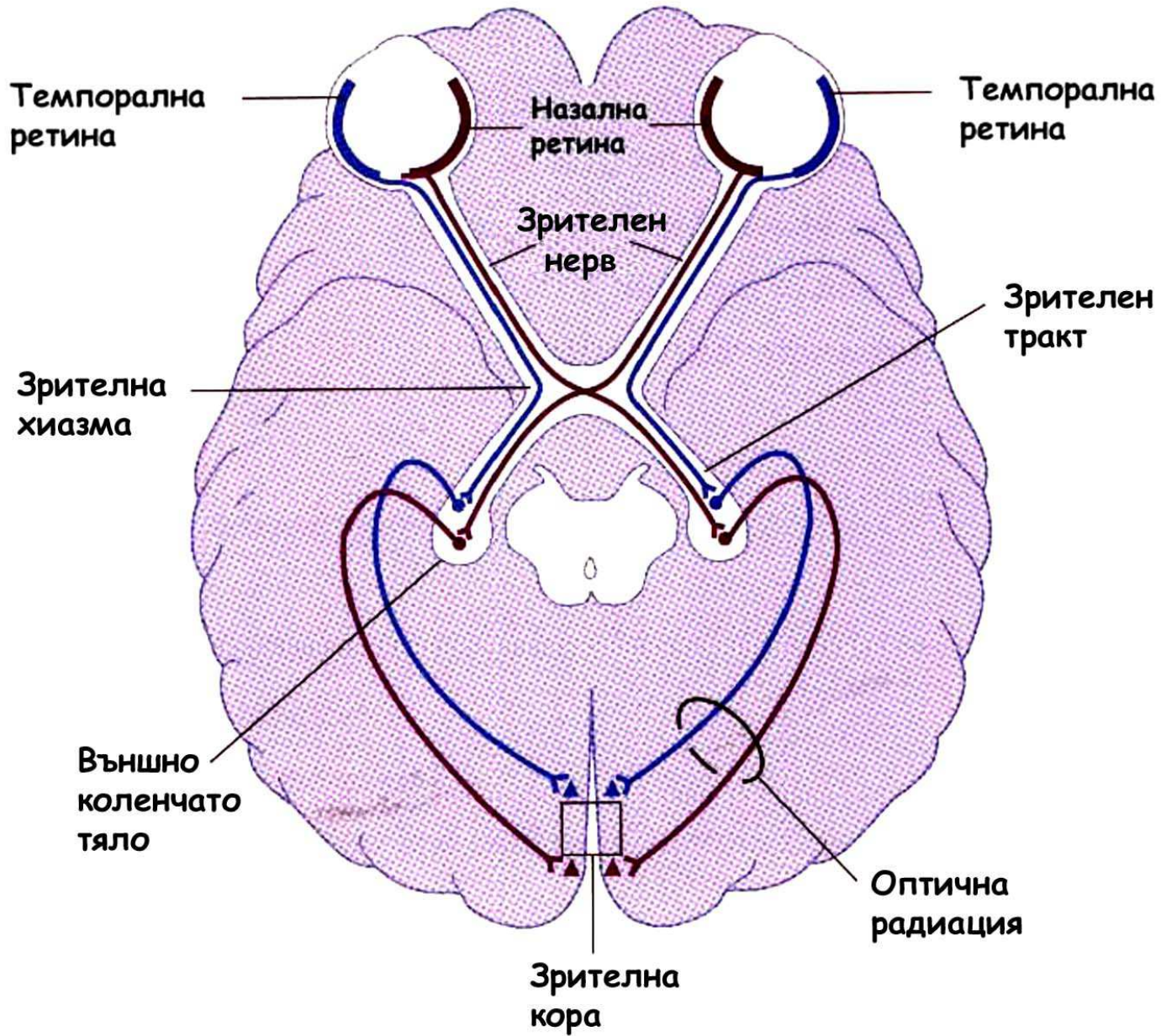
## Функция:

- поддържа формата на очната ябълка
- участва в метаболизма на лещата, цилиарното тяло и ретината (път на метаболитите).

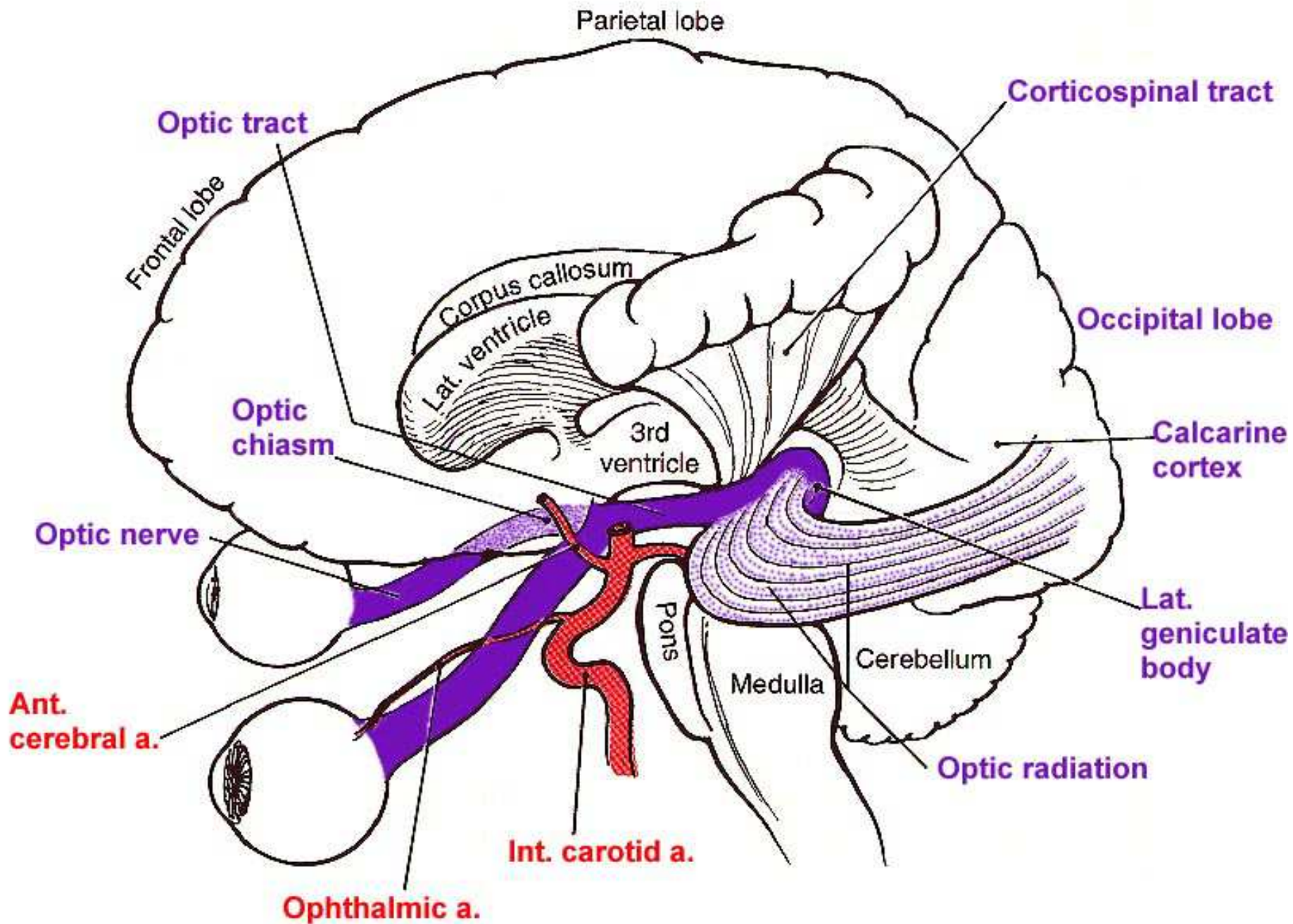


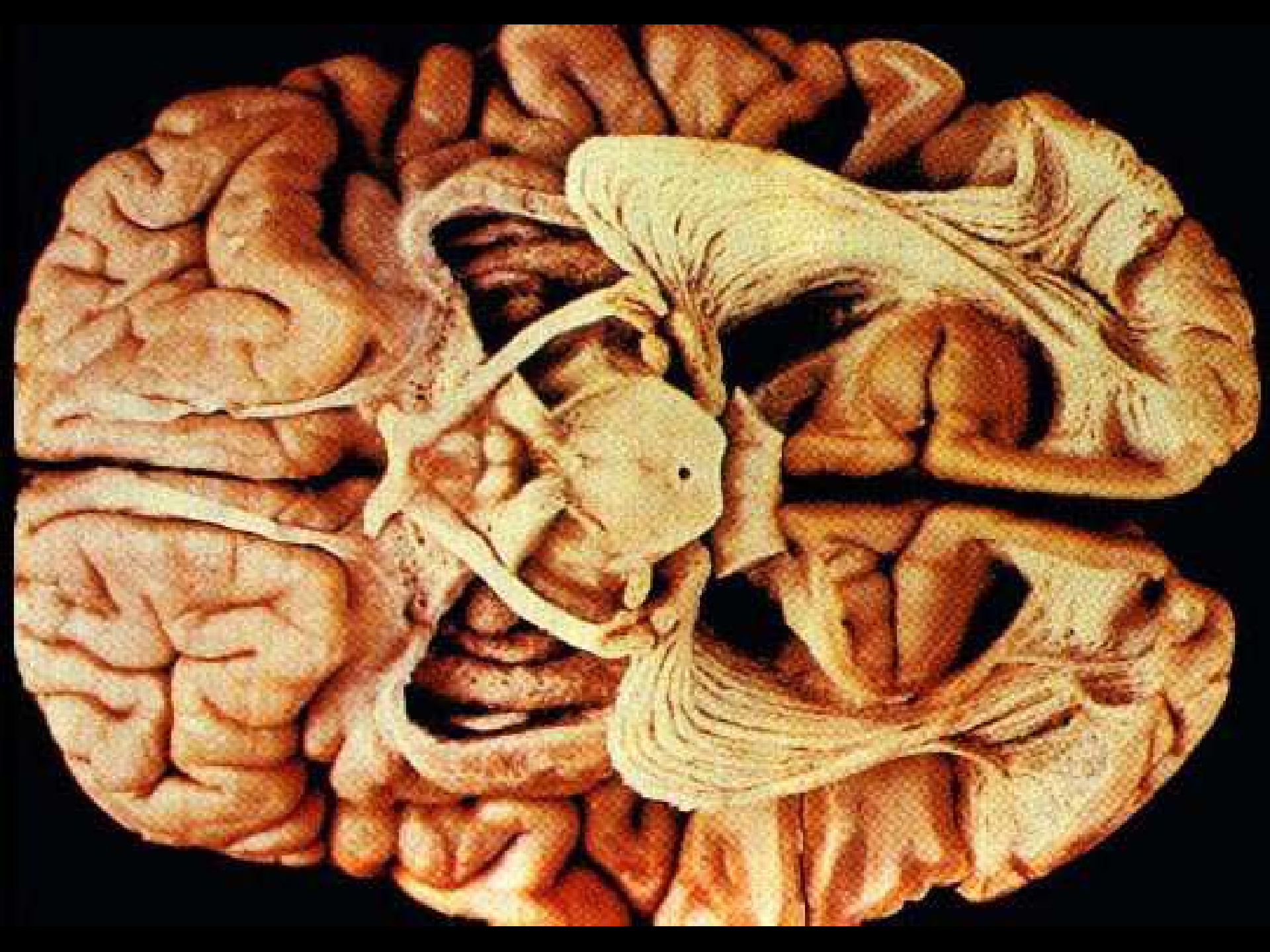
ЗРИТЕЛЕН ПЪТ











# ЗРИТЕЛЕН НЕРВ (ЧМН II)

Участък от зрителния път между ретината и оптичната хиазма с дължина 45 mm.

Зрителният нерв започва от папилата (диск), която е разположена на нивото на ретината и се състои от 50% глия и 50% ганглийни аксони.

Зрителният нерв съдържа 10 mil. миелинизирани фибри (миелинизацията започва от lamina cribrosa); ганглийните аксони, формиращи зрителния нерв са групирани в **снопове (фасцикули)**, обградени с pia.

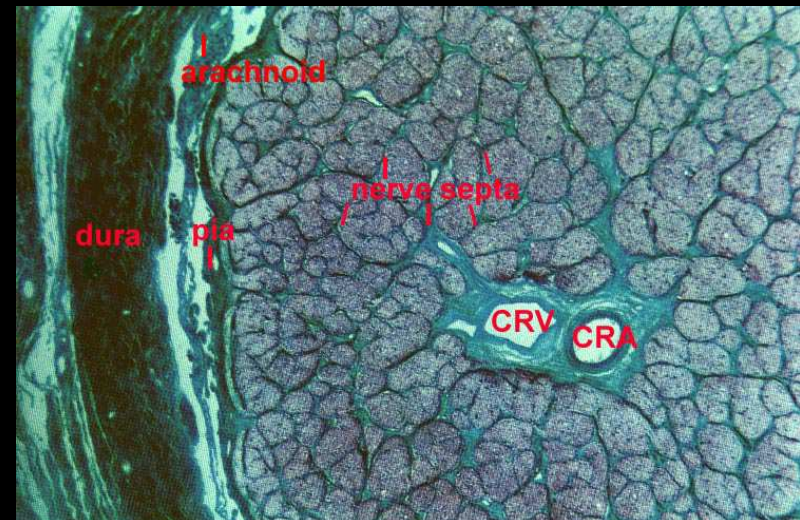
Зрителният нерв има 3 обвивки – **pia, arachnoidea, и dura mater** с цереброспинална течност в пространствата между тях, комунициращи с менингиалните пространства.

- **интраокуларна част** (дължина 1 mm, диаметър 1 – 2 mm);
- **интраорбитална част** (дължина 30 mm, диаметър 3 – 4 mm от миелинизация и невроглия); лека **S-тип** конфигурация (20 mm от окото до орбитния връх), което позволява **свободно движение** на булба (екзофталм); **интракраналната мастна тъкан** около зрителния нерв също позволява свободното движение на булба;
- **интракраниална част** (10 mm).

• **интракраниална част** (6 mm) в canalis n. optici;

Кръвоснабдяване:

- **плексус pia-arachnoidalis plexus** vessels (a. ophthalmica, a. carotis interna);
- **клончета на a. centralis retine** (enters about 10mm behind the globe);
- **задни цилиарни артерии** (a. ophthalmica);



# ФИЗИОЛОГИЯ НА ЗРЕНИЕТО

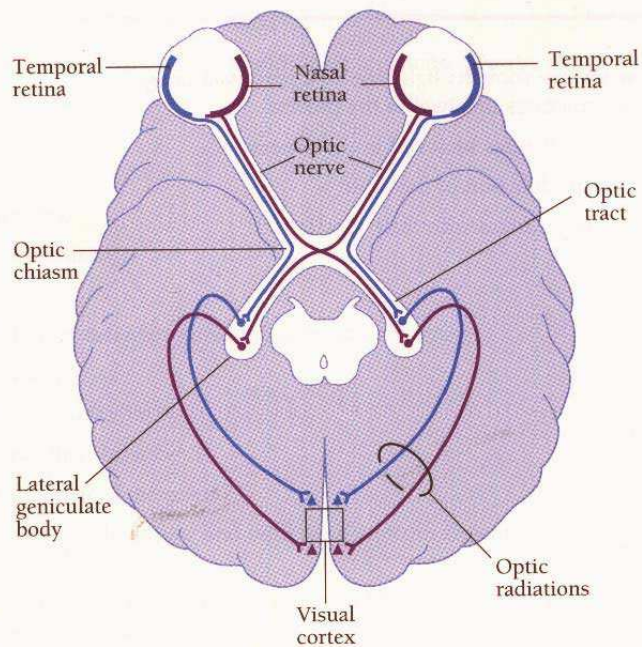


# ФИЗИОЛОГИЯ НА ЗРЕНИЕТО

## ЗРИТЕЛЕН ПРОЦЕС:

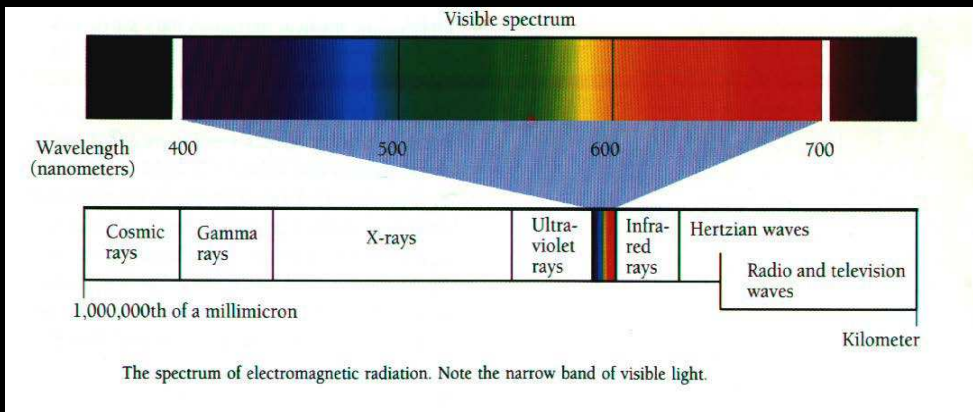
откриване, различаване и разпознаване на обекти в пространството

- **ОТКРИВАНЕ** на светлинен сигнал от фоторецепторните клетки
- **ТРАНСФОРМАЦИЯ** на светлинна енергия в електричен стимул
- **ТРАНСМИСИЯ** на информацията до зрителната кора



- retina
- nervus opticus
- chiasma opticum (50% neurons crossover)
- tractus opticus
- corpus geniculatum laterale
- radiatio optica
- зрителна кора (17-то поле по Brodmann)

# ФИЗИОЛОГИЯ НА ЗРЕНИЕТО



Видимите светлинни лъчи са с дължина на вълната в зоната от **400 до 700 nm**

- Светлинните лъчи **рефлектират** от обекта към окото
- Лъчите **минават през** оптичната фокусираща система на окото (роговица, леща и стъкл. тяло) и продуцират обратна картина на обекта върху ретината
- Картината върху ретината се **трансформира** в електрически (нервни) импулси (биохимичен процес – зрителен пигмент)
- Електрическите импулси достигат до мозъка по зрителния път, където картината на обекта се **обръща** в права
- Електрическите импулси се **интегрират** в зрителната кора, продуцирайки усещане за зрение
- Образите, възприемани от двете очи се **сливат** в единна картина.

# ФОТОХИМИЯ И ЕЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ

## ЗРИТЕЛНИ ПИГМЕНТИ:

**Rhodopsin** (пигмент на конусчетата) и **Jodopsin** (пигмент на пръчиците)  
*каротеноид retinal (11-cis retinal - vit.A aldehyde) + opsin (протеин)*

При светлинна стимулация **11-cis retinal** изомеризира в **all-trans retinal** с молекулярна реорганизация – изправяне на молекулата с отделяне от опсина, което стимулира затваряне на йонните канали и хиперполяризация.

На тъмно **all-trans retinal** отново реизомеризира и прикрепя към опсиновата молекула – регенерира rhodopsin.

- **Rhodopsin** е специфичен за пръчиците и има пик на абсорбция на светлинни лъчи с дължина на вълната около **500nm**.

- **Jodopsin** е много подобен на rhodopsin – три типа абсорбиращи специфични дължини на светлинни вълни:

**еритролаб** за лъчи с голяма дължина на вълната (**565 nm**) – за червен цвят

**хлоролаб** за лъчи с средна дължина на вълна (**530 nm**) – за зелен цвят

**цианолаб** за лъчи с къса дължина на вълна (**450 nm**) – за виолетов цвят

Чувствителността на всяко конусче към светлинен лъч с определена дължина на вълна се определя от специфичния тип на зрителния протеин.

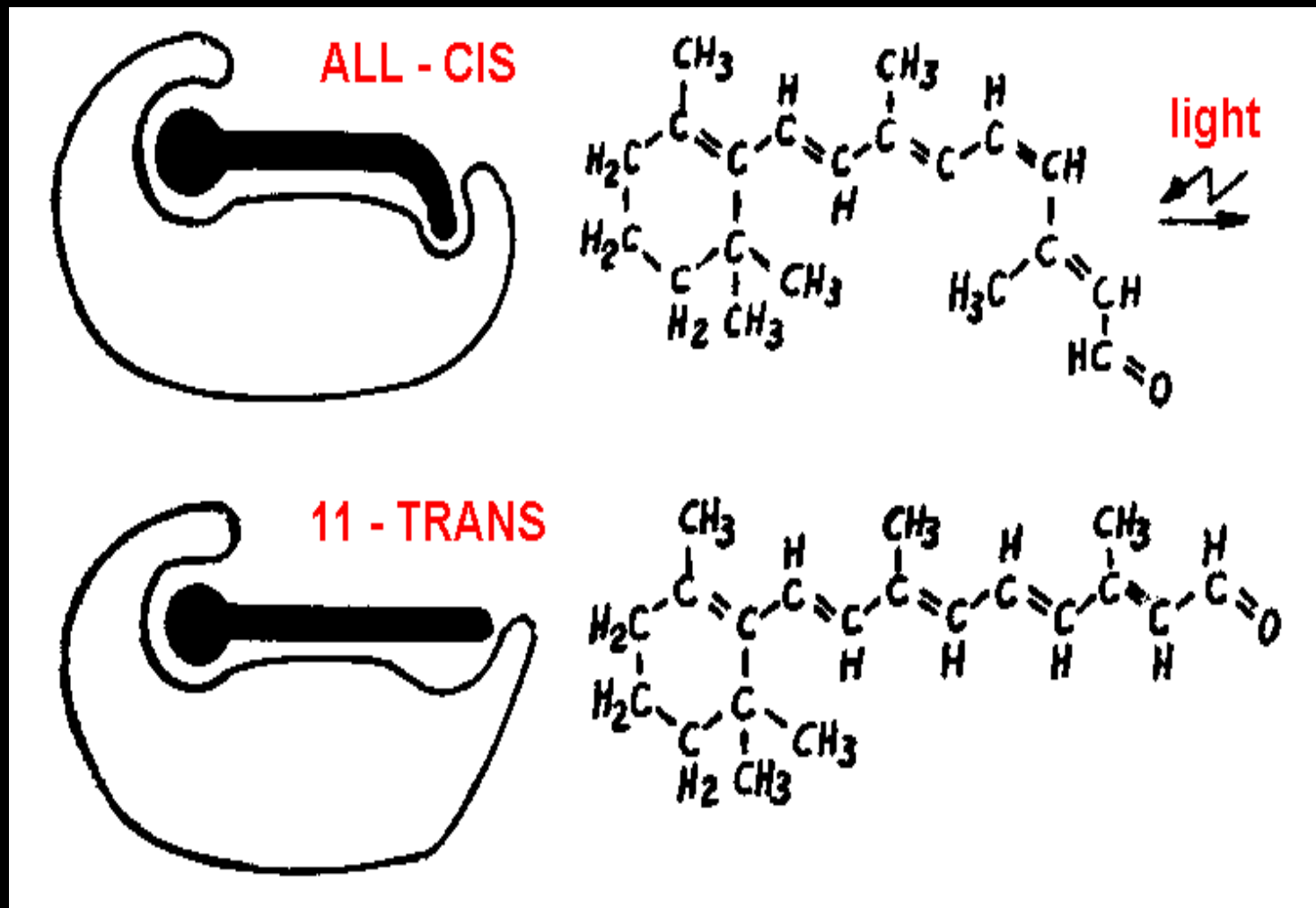
- На тъмно външният сегмент на фоторецепторите е в **деполяризирано** състояние поради отворени (течащи)  $\text{Na}^+$  канали, позволяващи  $\text{Na}^+$  да преминава в екстрацелуларното пространство.

- При светлинна стимулация  $\text{Na}^+$  канали бързо се затварят и настъпва **хиперполяризация**. Резултатът е протичане на **калциеви йони** по дължината на фоторецепторите до синапсите с биполярните клетки и отделяне на трансмитери (glutamate).

В невроните процесът се развива обратно. На тъмно те в **хиперполяризация** (отвътре негативно).  $\text{Na}^+$  йонни канали са затворени. При светлинна стимулация се развива **бърза деполяризация**.

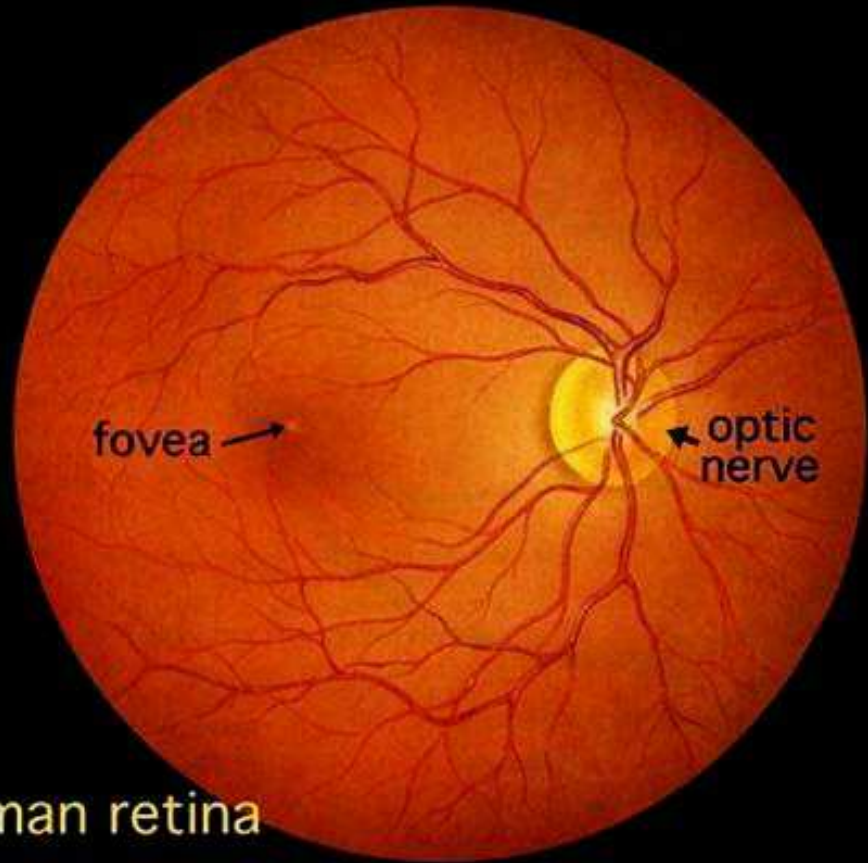
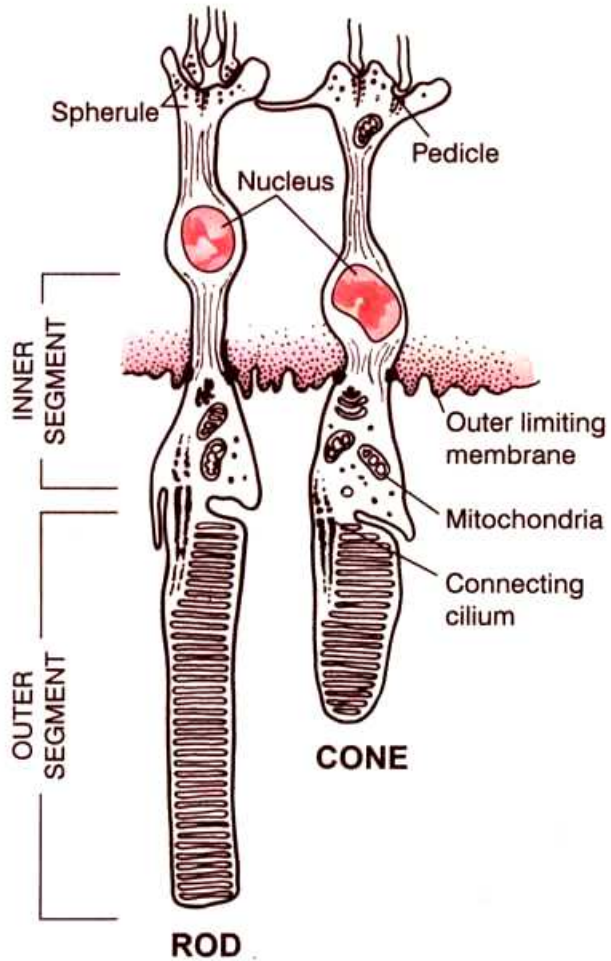


# Отворени йонни канали – деполяризирани клетъчни мембрани

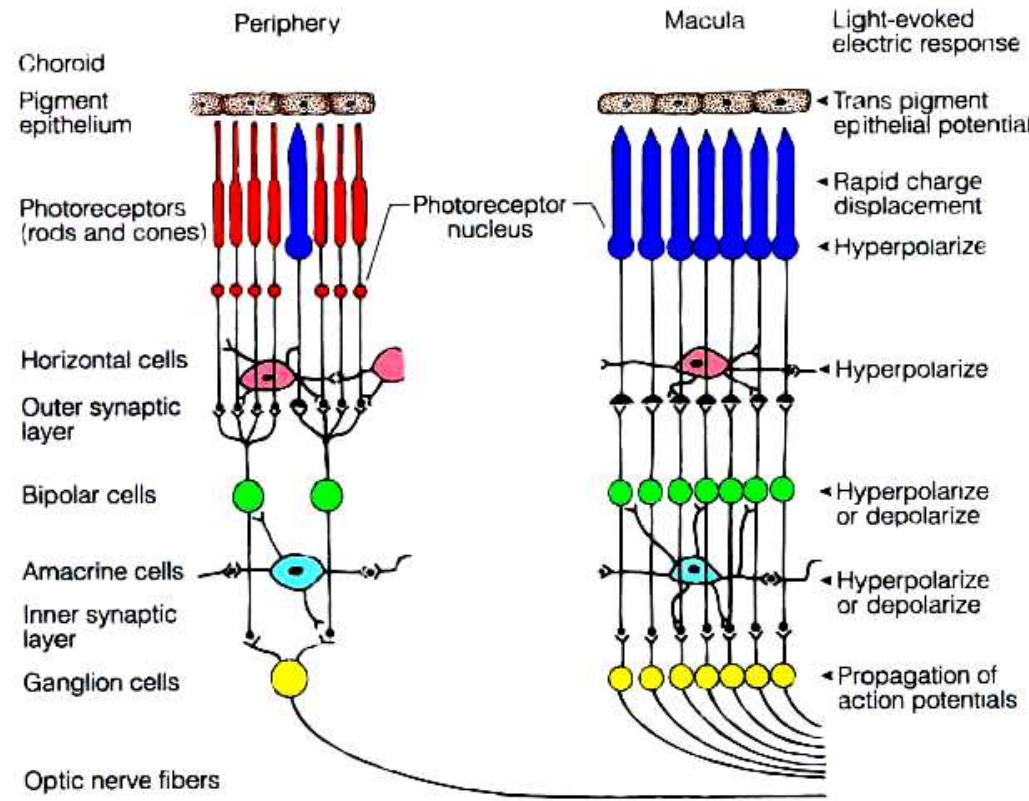
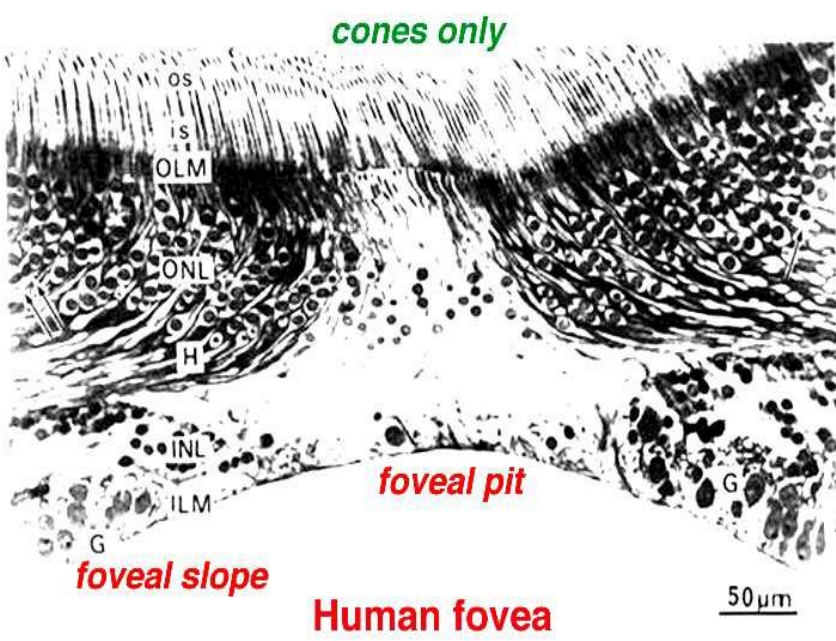


Затворени йонни канали – хиперполяризирани клетъчни мембрани

# АНАТОМИЯ НА РЕТИНАТА



Human retina



# СВЕТЛОУСЕЩАНЕ

Светлинната енергия се разпространява под формата на кванти (фотони). Необходимо е върху роговицата да попаднат **50 – 150 фотона**, за да може светлинният сигнал да се открие. Само около **10%** от фотоните достигат до фоторецепторите на ретината.

Теоретично единичен светлинен фотон може да бъде видян, но има съществен “шум” в системата в резултат на случайно отваряне или затваряне на йонните канали, разпръскването им от средата и/или блуждаеща светлинна енергия от същия стимул (**signal-to-noise ratio**).

Следователно са необходими между **5 и 15 светлинни фотони** и да бъдат стимулирани приблизително **10 – 15 пръчици**, за да може в резултат на сумиране на ниво биполярни и ганглийни клетки да се предизвика зрително усещане.

В периферията на ретината всяка ганглийна клетка има свое **рецептивно поле** в резултат на свързването на няколко фоторецепторни клетки с една биполярна клетка и няколко биполярни клетки с една ганглийна клетка .

Откриването на светлинните стимули е не само проста функция на стимулация на фоторецепторите, но е и резултат от висшата нервна дейност.



# СВЕТЛОУСЕЩАНЕ

Зрителният праг е статистически показател, който се определя от силата на светлинния стимул, необходима за процеса на „разпознаване“.

**Абсолютен праг** на светлоусещане:

- минималната светлина, която може да бъде видяна при адаптирано за тъмно око и при напълно тъмно зрителното поле, с изключение на светлинната тестова марка и фиксационната светлина и зависи от размера на стимула (пространственото сумиране е важно при определяне на този праг).

**Различителен праг** на светлоусещане:

- минималната разлика между светлината на тестовата марка и фона, при която марката може да се различи. Зависи от няколко фактора: адаптацията на очите, общата осветеност на зрителното поле, разпределението на светлината в зрителното поле и размера на светлинния източник или обекта, който трябва да бъде видян, неговата позиция в зрителното поле и неговата продължителност.

**Светлинното различаване:**

- възможността да се види разликата в яркостта между два съседни сепарирани светлинни източника или обекта.

# Макула/периферия (анатомия)

## МАКУЛА (ФОВЕЯ)

### 1. САМО КОНУСЧЕТА

(10% от всички 6 mil.)

---

### 2. ПЕРИФЕРНО ИЗМЕСТВАНЕ на биполарните и ганглийни клетки;

- в централната фовея – само  
конусчета и две лимитиращи  
мембрани

---

### 3. Връзката между невроните един - към - един

---

### 4. ~~НЯМА КРЪВОНОСНИ СЪДОВЕ~~

## ПЕРИФЕРИЯ

### ПРЪЧИЦИ И МАЛКО КОНУСЧЕТА

(120 mil.)

---

### БЕЗ ПЕРИФЕРНО ИЗМЕСТВАНЕ 5 пъти по-дебела ретина

Много неврорецепторни кл.  
се свързват с 1 ганглийна кл.

---

### ~~ИМА КРЪВОНОСНИ СЪДОВЕ~~

# Макула/ Периферия (физиология)

Три основни функции на окото (ретина):

- светлоусещане
- зрителна острота
- цветно зрение

**МАКУЛА (ФОВЕЯ)**  
(централно зрение)

**ПЕРИФЕРИЯ**  
(периферно зрение)

• **СВЕТЛОУСЕЩАНЕ** ↓

• **СВЕТЛОУСЕЩАНЕ** ↑

(откриването на светлина и движение се осъществява от големите, бързо предаващи ганглийни кл. (magnocellular кл. или M system))

• **ЗРИТЕЛНА ОСТРОТА** ↑

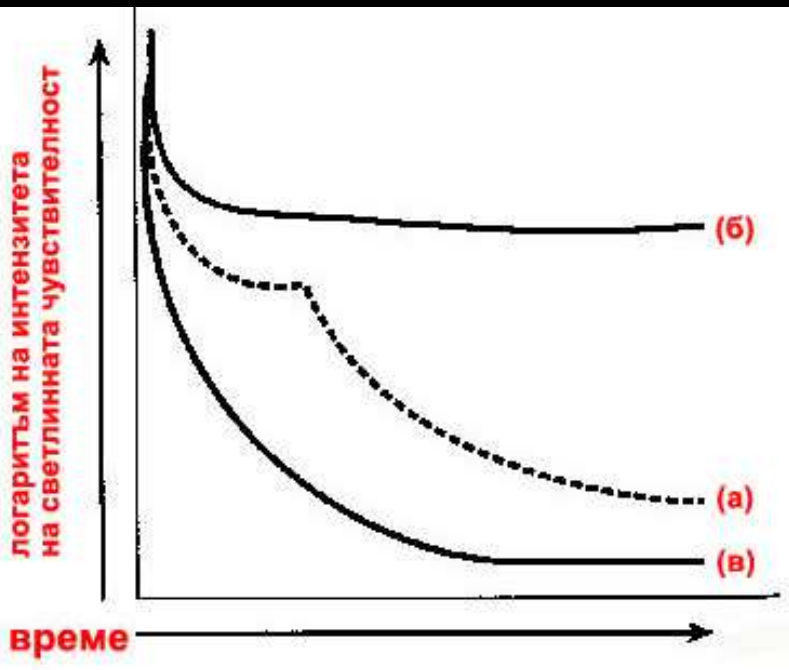
• **ЗРИТЕЛНА ОСТРОТА** ↓

(пространствената резолюция се осъществява от малките 'midget', бавно предаващи ганглийни кл. (parvocellular кл. или P system))

• **ЦВЕТНО ЗРЕНИЕ** ↑

• **ЦВЕТНО ЗРЕНИЕ** ↓

# АДАПТАЦИЯ



Фигурата очертава адаптационната крива за тъмно:

- (а) физиологична адаптация за тъмно (комбиниран отговор на пръчиците и конусчетата);
- (б) лоша адаптация на пръчиците;
- (в) лоша адаптация на конусчетата.

Светлочувствителността на окото се променя според степента на осветеност на зрителното поле. Този процес се нарича адаптация.

Приспособяването на зрението към повишена осветеност (**фотопично зрение**) се нарича светлинна адаптация, а към намалена осветеност (**скотопично зрение**) – тъмнинна адаптация.

На тъмно светлочувствителността на ретината нараства прогресивно.

Различават се две фази на тъмнинната адаптацията:

- **ранна** – през която се адаптират конусчетата (до 10 min.);
- **късна** – адаптация на пръчиците (до 60 min.)

На светло чувствителността на ретината бързо намалява (пълна адаптация се постига за 6 – 8 min.).

Адаптацията се осъществява по два механизма:

- **неврофизиологичен** (зенична реакция и активиране или потискане на невроните на ретината)
- **фотохимичен** (разграждане и синтез на зрителния пигмент).





**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ**  
**ФАКУЛТЕТ „ЗДРАВНИ ГРИЖИ“**  
**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

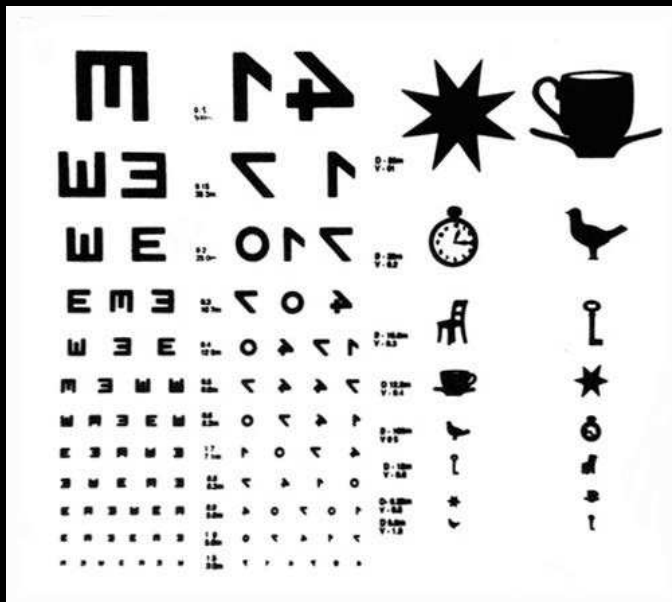
**Лекция №1**

**Анатомия и физиология на  
зрителния апарат. Заболявания  
на придатъците на окото**

**ПРОФ. Д-Р ЧАВДАР БАЛАБАНОВ, Д.М.**

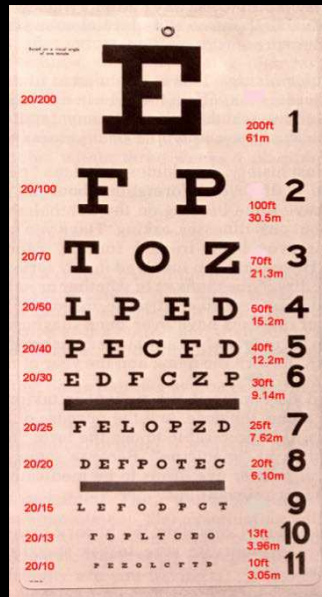
# ЗРИТЕЛНА ОСТРОТА

Зрителната острота е количествена оценка на форменото зрение на база на възможността за различаване на два стимула сепарирани в пространството. Определя се със зрителни таблици.



- Движение на ръка (Н.М.);
- Перцепция на светлина (P.L.)

Таблица на Monoyer



(оптотипи, формула на Donders  $d/D$ )

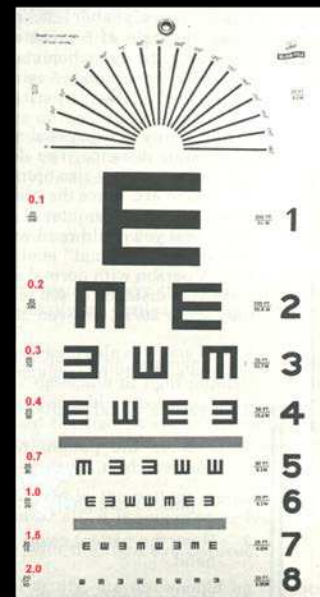


Таблица на Snellen

