

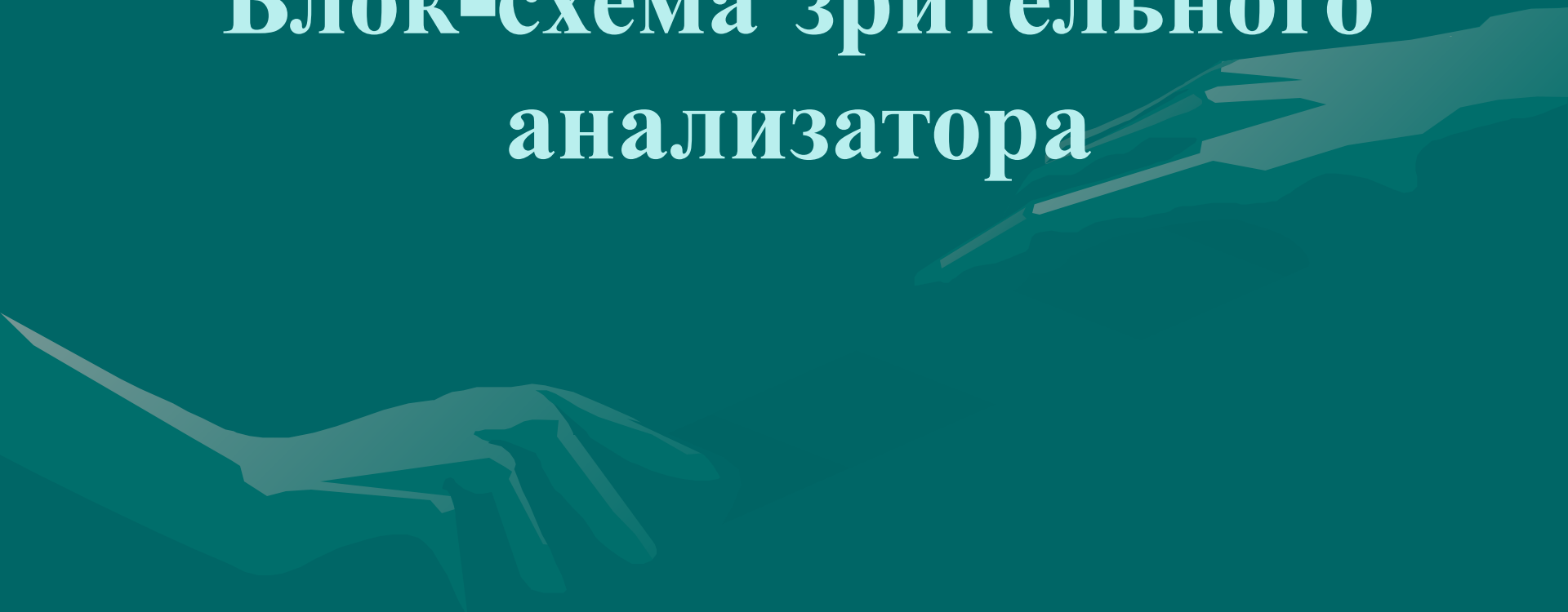
# Физиология зрительной сенсорной системы



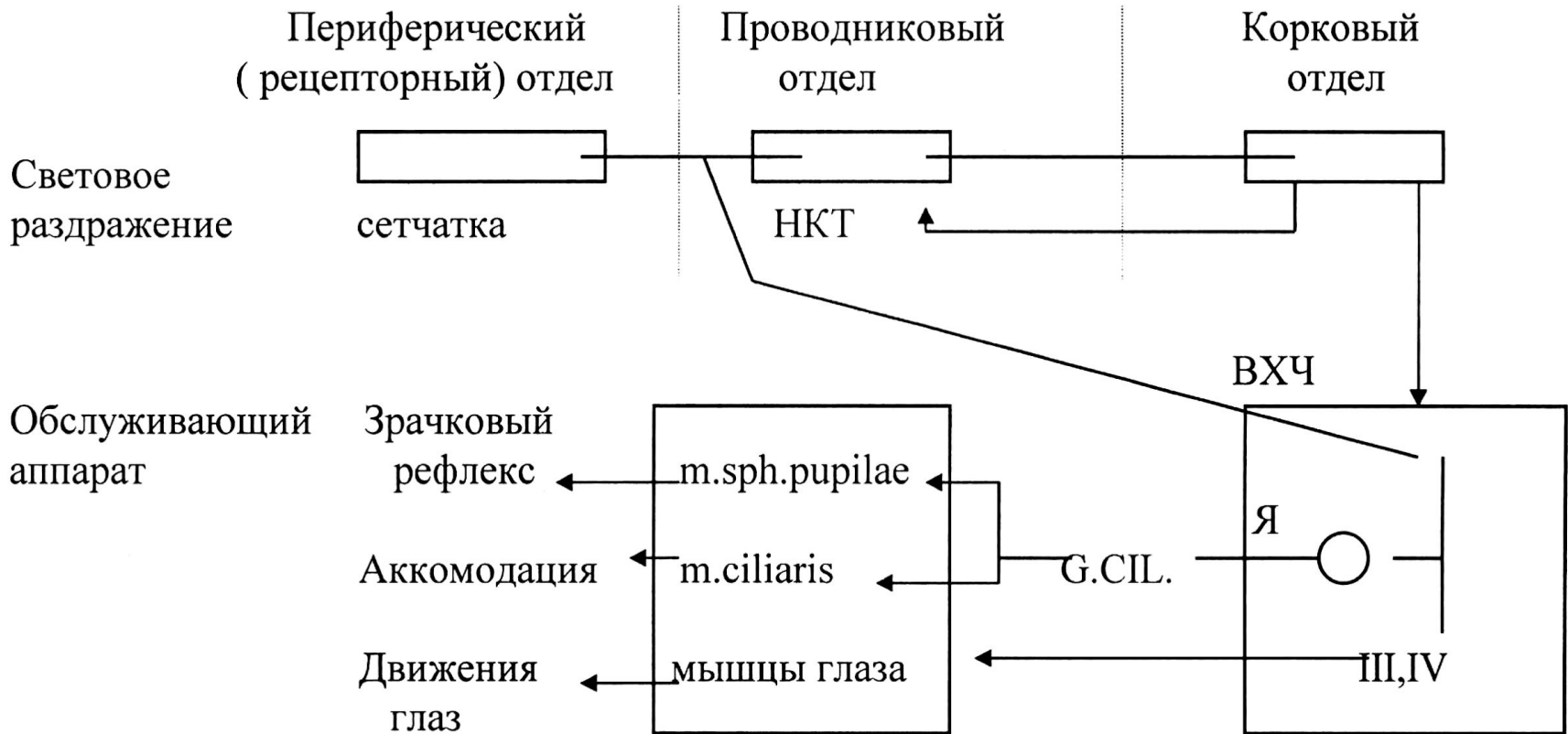
# Зрительный анализатор (зрительная сенсорная система)

- **важнейшая из всех анализаторов**
- **дает 90 % информации, которая идет к мозгу от всех рецепторов.**

# Блок-схема зрительного анализатора



## БЛОК СХЕМА ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА



НКТ - наружное коленчатое тело

ВХЧ - верхние холмики четверохолмия

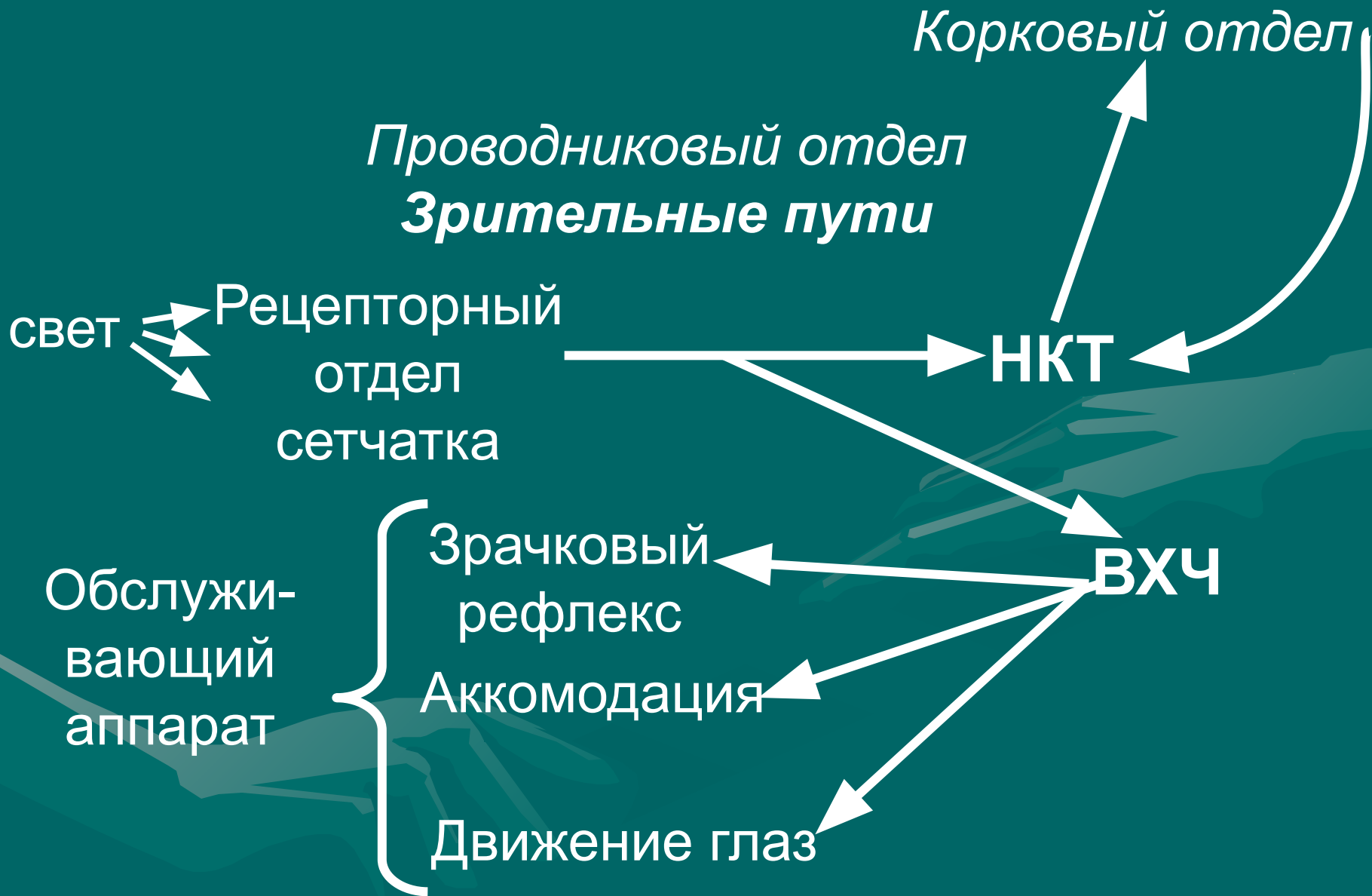
Я - парасимпатическое ядро III пары (ядро Якубовича)

III, IV - ядра III, IV пары черепномозговых нервов

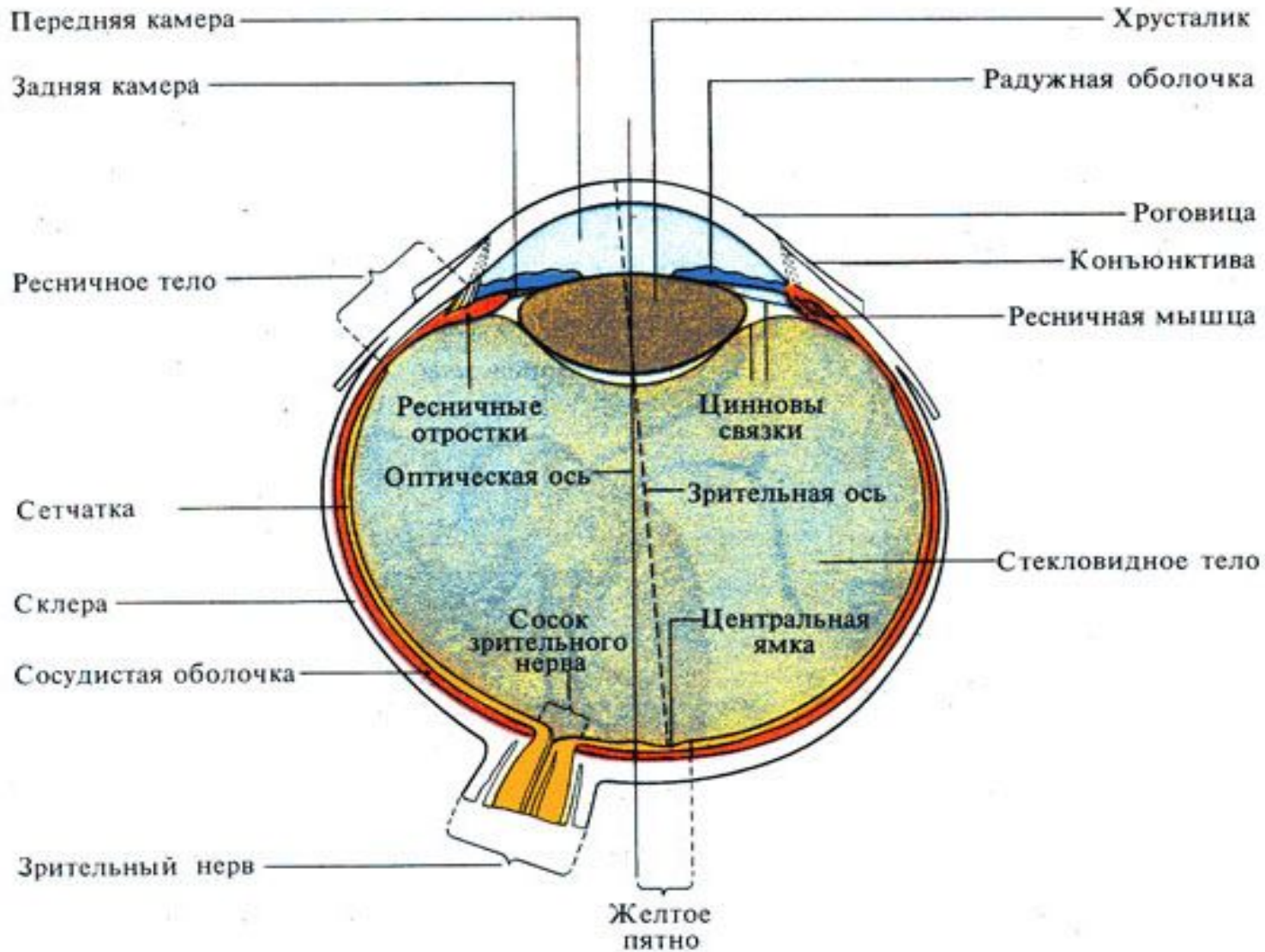
G.CIL. - ресничный узел

m.sph.pupilae - мышца, суживающая зрачок

m. ciliaris - ресничная мышца



# Структура глаза



# Диоптрический аппарат глаза (оптическая система)

- сложная система линз, неточно центрированная, формирует на сетчатке перевернутое, уменьшенное, действительное изображение внешнего мира.

# Оптическая система глаза

- *В устройстве оптической системы глаза используется принцип оптической камеры-обскуры, прибора, в котором небольшое входное отверстие создает перевернутое изображение. Граница между воздухом и роговицей действует как линза, помещенная перед зрачком (диаметр зрачка может меняться за счет сокращения мышц радужной оболочки), а позади зрачка расположен двояковыпуклый хрусталик.*



# Диоптрический аппарат глаза (оптическая система)

- прозрачная роговица
- передняя и задняя камера, заполненные водянистой влагой
- радужная оболочка, окружающая зрачок (диафрагма)
- хрусталик, окруженный прозрачной сумкой
- стекловидное тело - это прозрачный гель, состоящий из внеклеточной жидкости с коллагеном и гиалуроновой кислотой в коллоидном растворе

# Хрусталик

- состоит из нескольких пластинчатых слоев и обеспечивает дополнительную преломляющую силу для того, чтобы на расстоянии 24,4 мм от полюса роговицы, в зоне центральной ямки, получилось четкое изображение.
- **Хрусталик может изменять свою кривизну.**

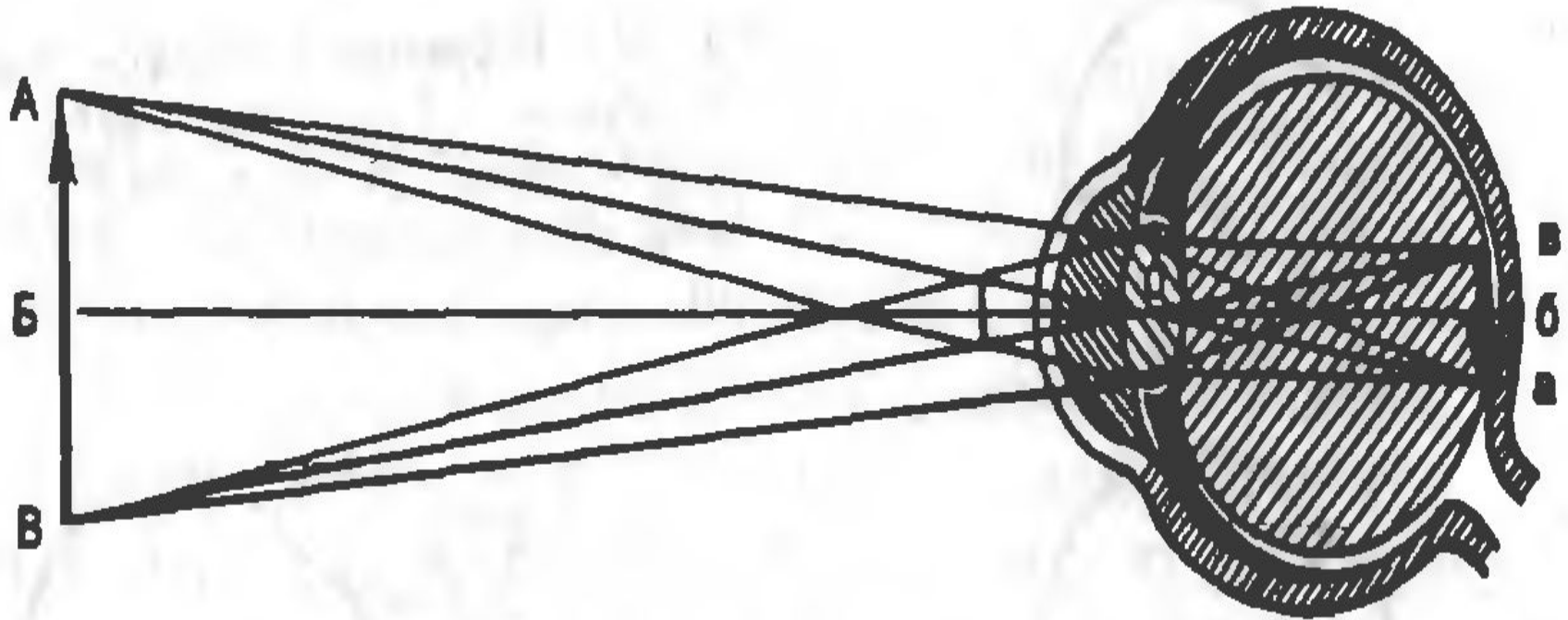
# Рефракция

- преломление лучей оптической системой глаза.
- преломляющая сила системы зависит от радиуса кривизны границы двух сред и их коэффициентов преломления.
- *Самая большая преломляющая сила у роговицы, потому, что она лежит на границе воздушной и водной сред.*
- *1D – диоптрия – равна преломляющей силе линзы с фокусным расстоянием 100см*

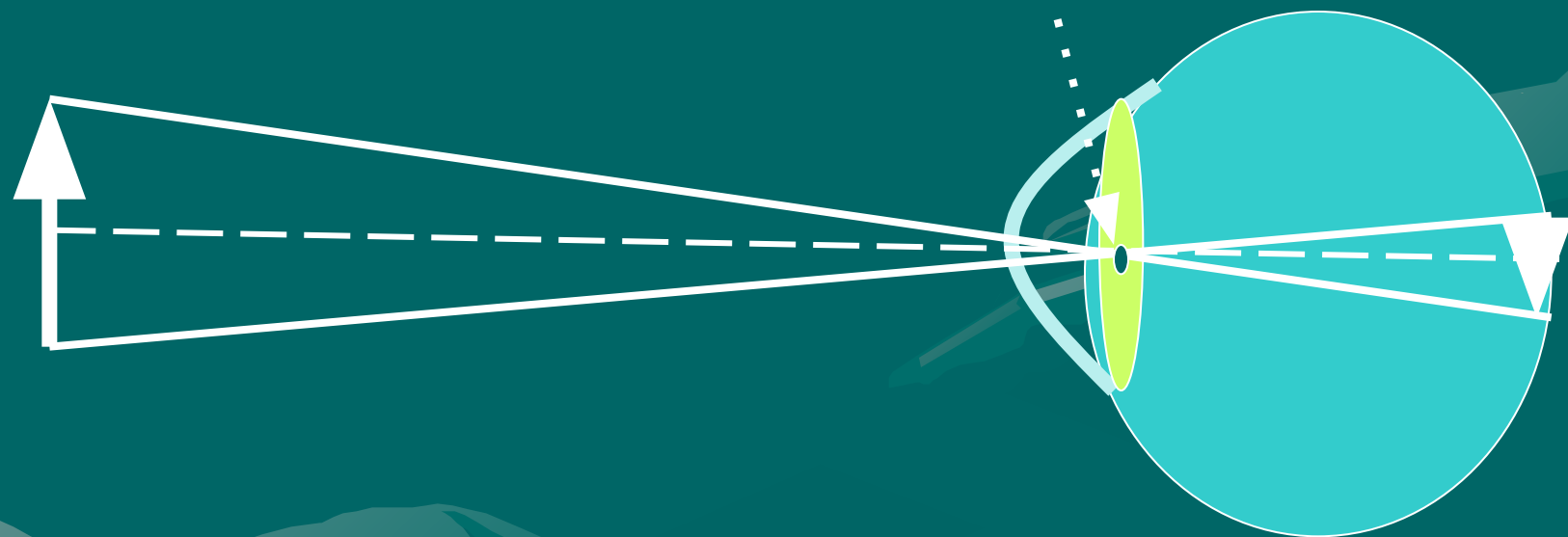
# Редуцированный глаз

- схема оптической системы, где все оптические преломляющие поверхности изображаются в виде одной главной плоскости. Расстояние от узловой строчки до сетчатки составляет 16,67 мм. По этой величине и углу  $\alpha$ , под которым виден объект, можно определить величину изображения на сетчатке.

# Ход лучей от объекта и построение изображения на сетчатке



*Узловая точка – 7 мм сзади от роговицы*



**Изображение – уменьшенное, перевернутое,  
действительное**

# Преломляющая сила здорового глаза

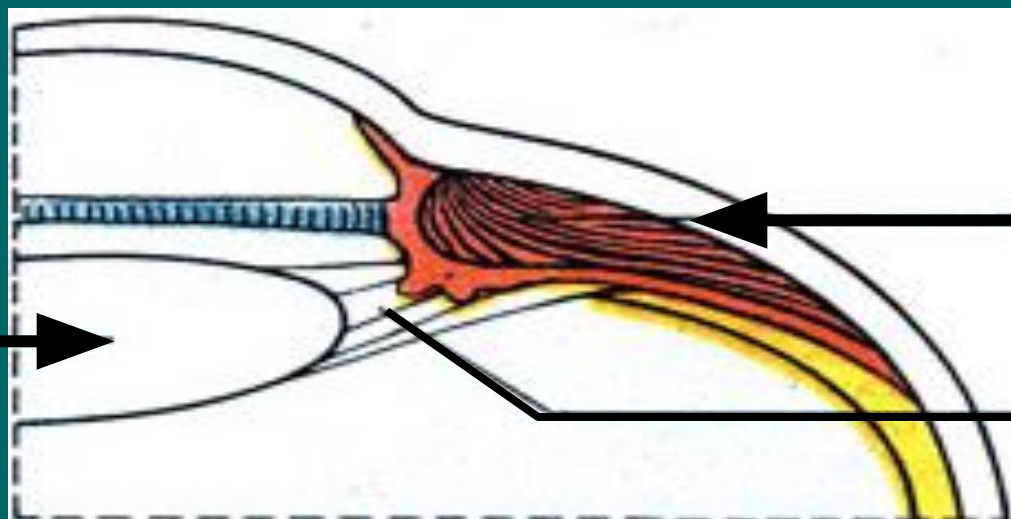
- При рассмотрении далеких предметов –  $59\text{D}$
- При рассмотрении близких предметов –  $70,5\text{ D}$
- Дальняя точка ясного видения –  
в бесконечности
- Ближняя точка ясного видения –  $10\text{ см}$  от  
глаза

# АККОМОДАЦИЯ

- Приспособление глаза к ясному видению разноудаленных предметов называется *аккомодацией*
- Меняются кривизна хрусталика и его преломляющая способность
- Аккомодационная мышца – *ресничная*
- *Иннервация – парасимпатическая ветвь глазодвигательного нерва*



# Механизм аккомодации



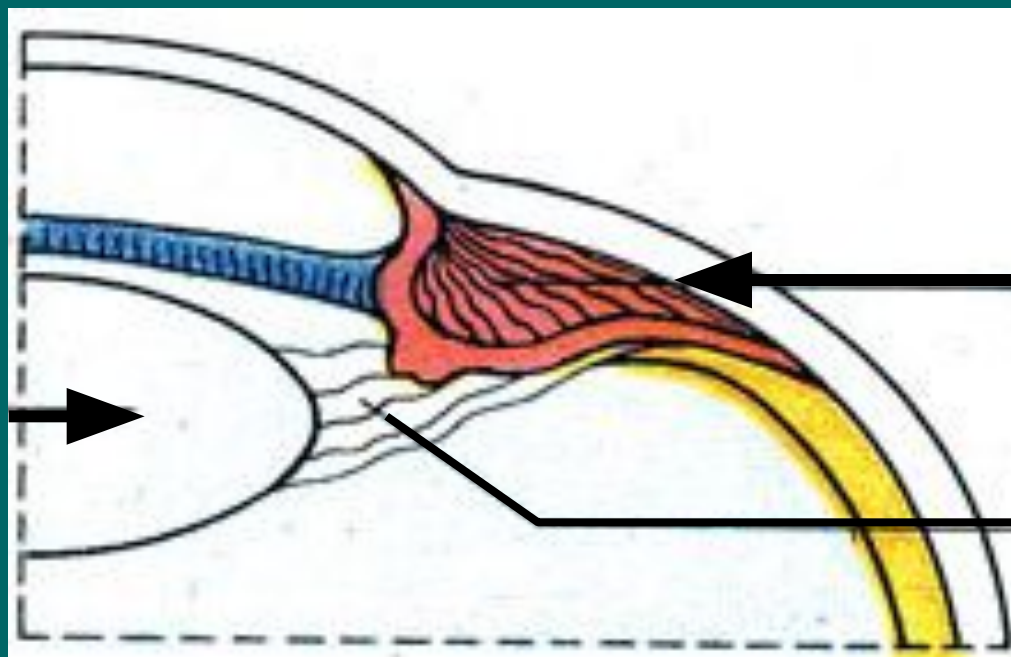
Хрусталик  
*уплощен*

Цилиарная  
мышца  
*расслаблена*

Циннова  
связка  
*натянута*  
*а*

*Взгляд вдаль – покой  
аккомодационной мышцы*

# Механизм аккомодации



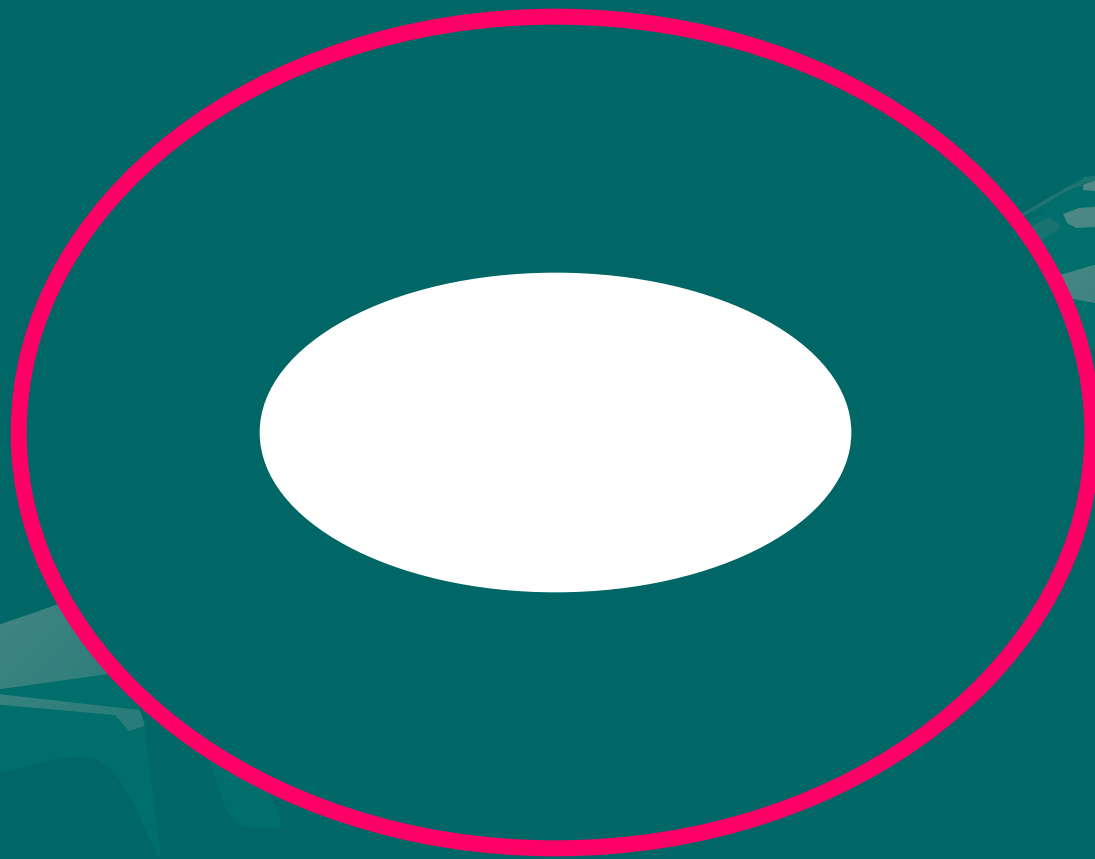
Хрусталик  
шарооб-  
разный

Цилиарная  
мышца  
сокращена

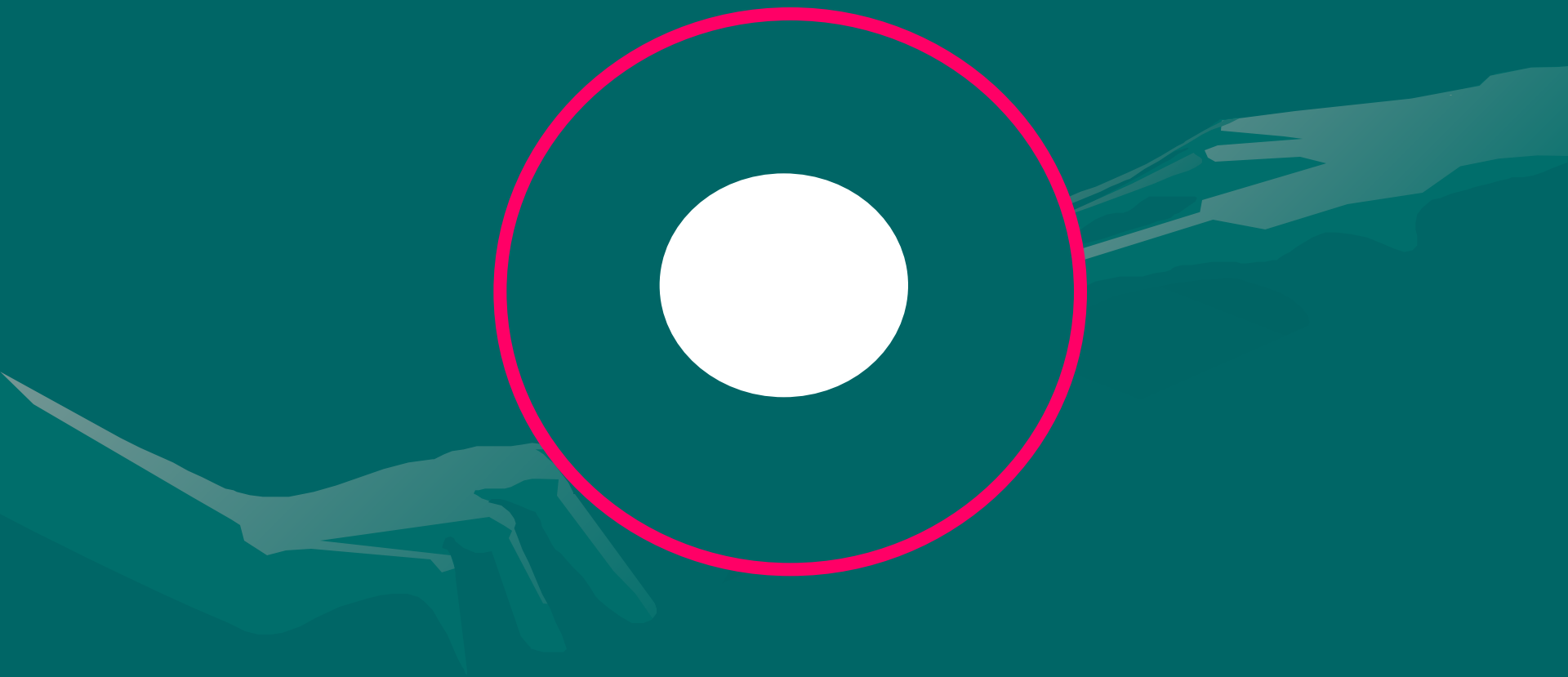
Циннова  
связка  
расслаблена

*Взгляд на близкий предмет –  
напряжение аккомодационной  
мышцы*

# Механизм аккомодации



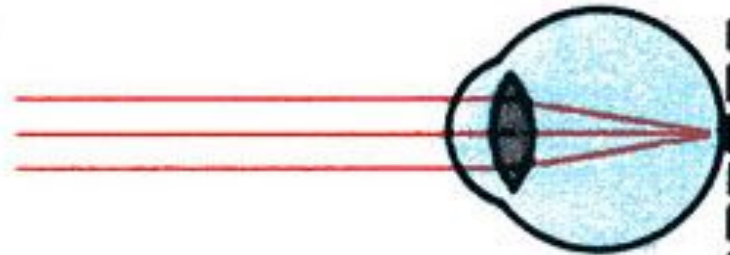
# Механизм аккомодации



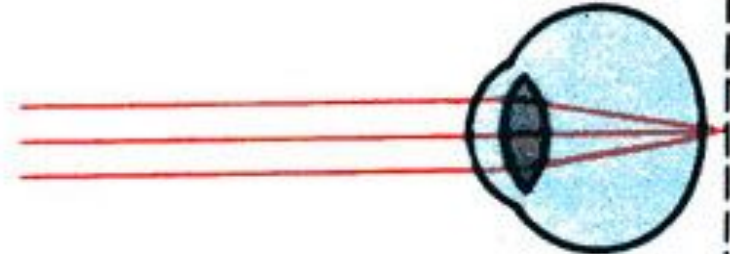
# Схема хода лучей через преломляющие среды глаза



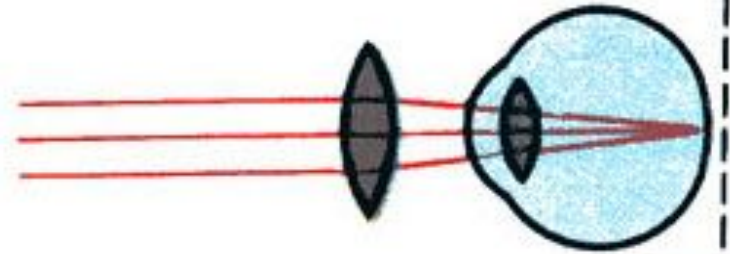
Эмметропия



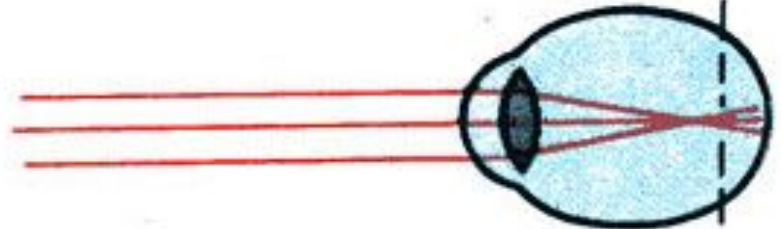
Гиперметропия



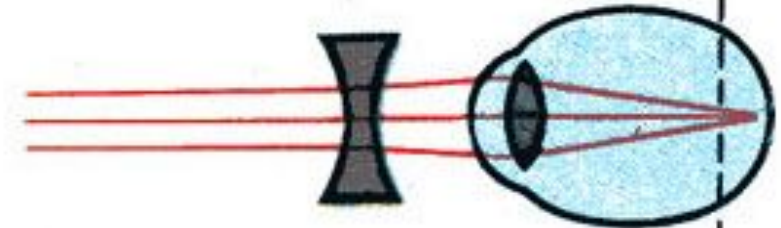
Коррекция гиперметропии



Миопия



Коррекция миопии



# Аномалии рефракции глаза

- Эмметропия – нормальная рефракция
- Гиперметропия – дальнозоркость – изображение проецируется за сетчаткой
- Пресбиопия – старческая дальнозоркость (нарушается эластичность хрусталика, ближняя точка ясного видения отодвигается)

# Аномалии рефракции глаза

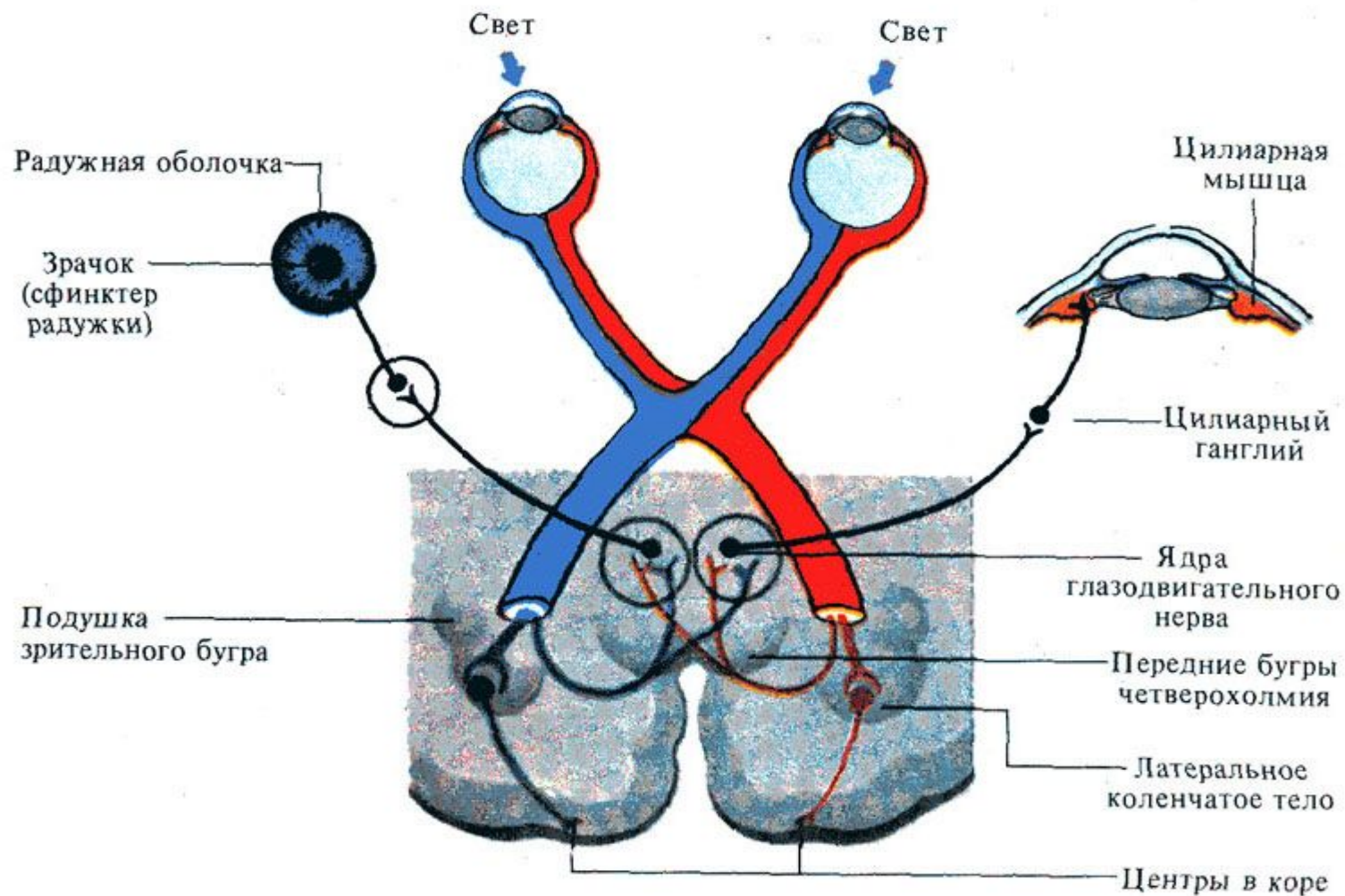
- Миопия – близорукость – изображение проецируется перед сетчаткой
- Приобретенная миопия - часто вызывается спазмом аккомодационной мышцы (дальняя точка ясного видения приближается из бесконечности)
- Астигматизм – неодинаковое преломление лучей в разных направлениях, обусловлен тем, что поверхность роговицы не строго сферическая



# Зрачковый рефлекс

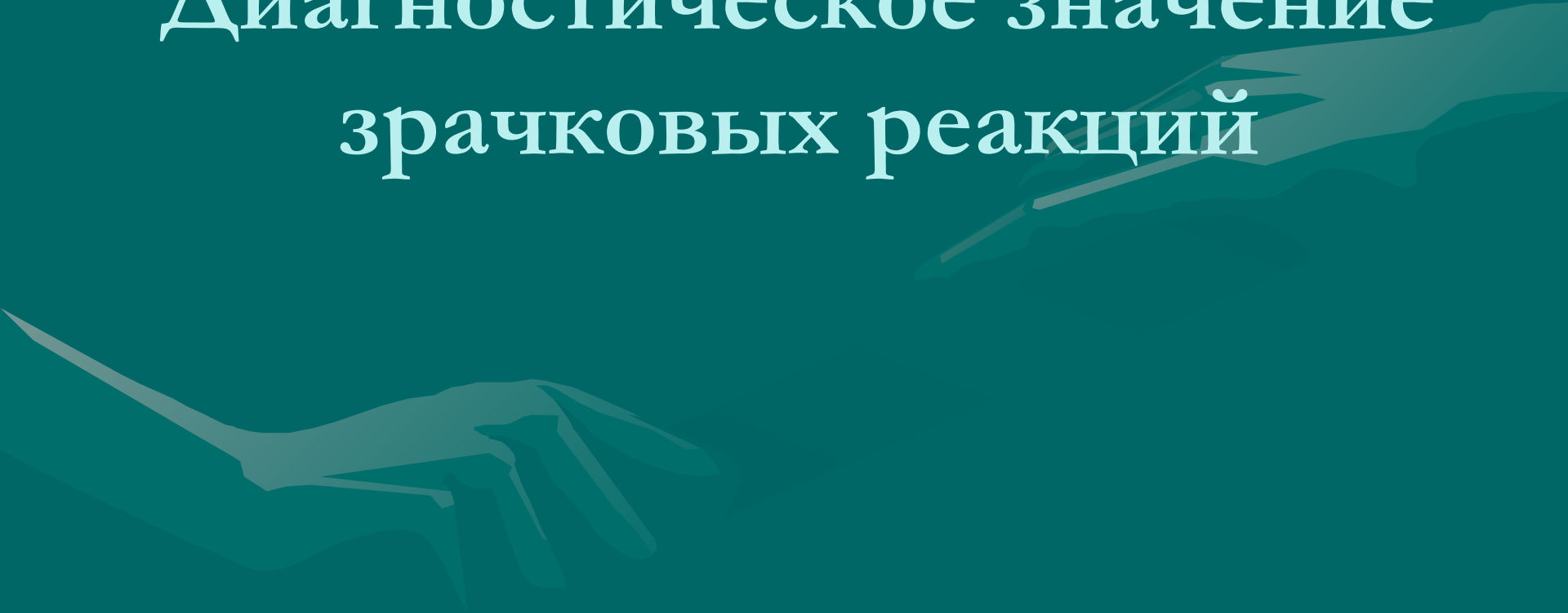
- Изменение диаметра зрачка в ответ на изменение освещенности
- Зрачок пропускает только центральные лучи (убирает абберацию) и способствует четкому видению предмета
- Зрачок регулирует освещенность сетчатки

# Зрительные пути (связь зрительных путей с управлением шириной зрачка и процессом аккомодации)





# Диагностическое значение зрачковых реакций



# Топическая диагностика

- можно выявить поражения сетчатки, зрительного нерва, глазодвигательной зоны головного мозга, шейного отдела спинного мозга, областей, через которые проходят пре и постганглионарные зрачководвигательные волокна (область в глубине шеи, клиновидная кость и глазница)

# Функциональная диагностика

- размеры зрачка зависят от возраста, психоэмоциональных факторов (страх, ярость и др.), уровень внимания, степень утомления, а также от патологических состояний (болевого шок, гипоксия, глубокий наркоз и др.).

# Периферический отдел зрительного анализатора

Строение сетчатки и механизм  
восприятия света

# Строение сетчатки

- У человека в сетчатке имеется 6-7 млн. колбочек и 110-125 млн палочек. Центральная ямка сетчатки содержит только колбочки. По направлению к периферии сетчатки число колбочек уменьшается, а количество палочек возрастает. Периферия сетчатки содержит почти исключительно палочки.



# Строение сетчатки

*палочки*

*110-125*

*млн*

*Колбочки*

*6-7 млн*

Свет



Волокна зрительного нерва

Ганглиозные клетки

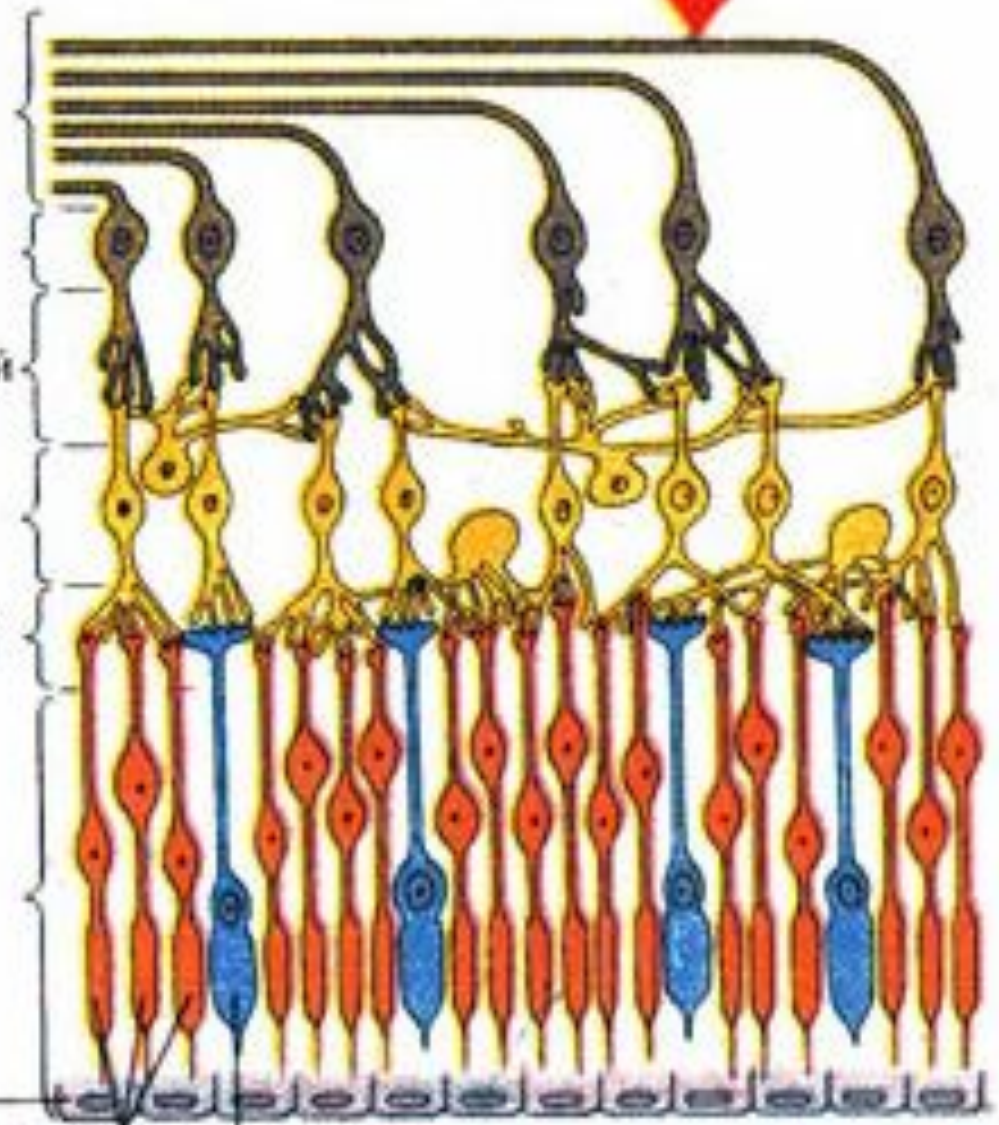
Внутренний синаптический слой

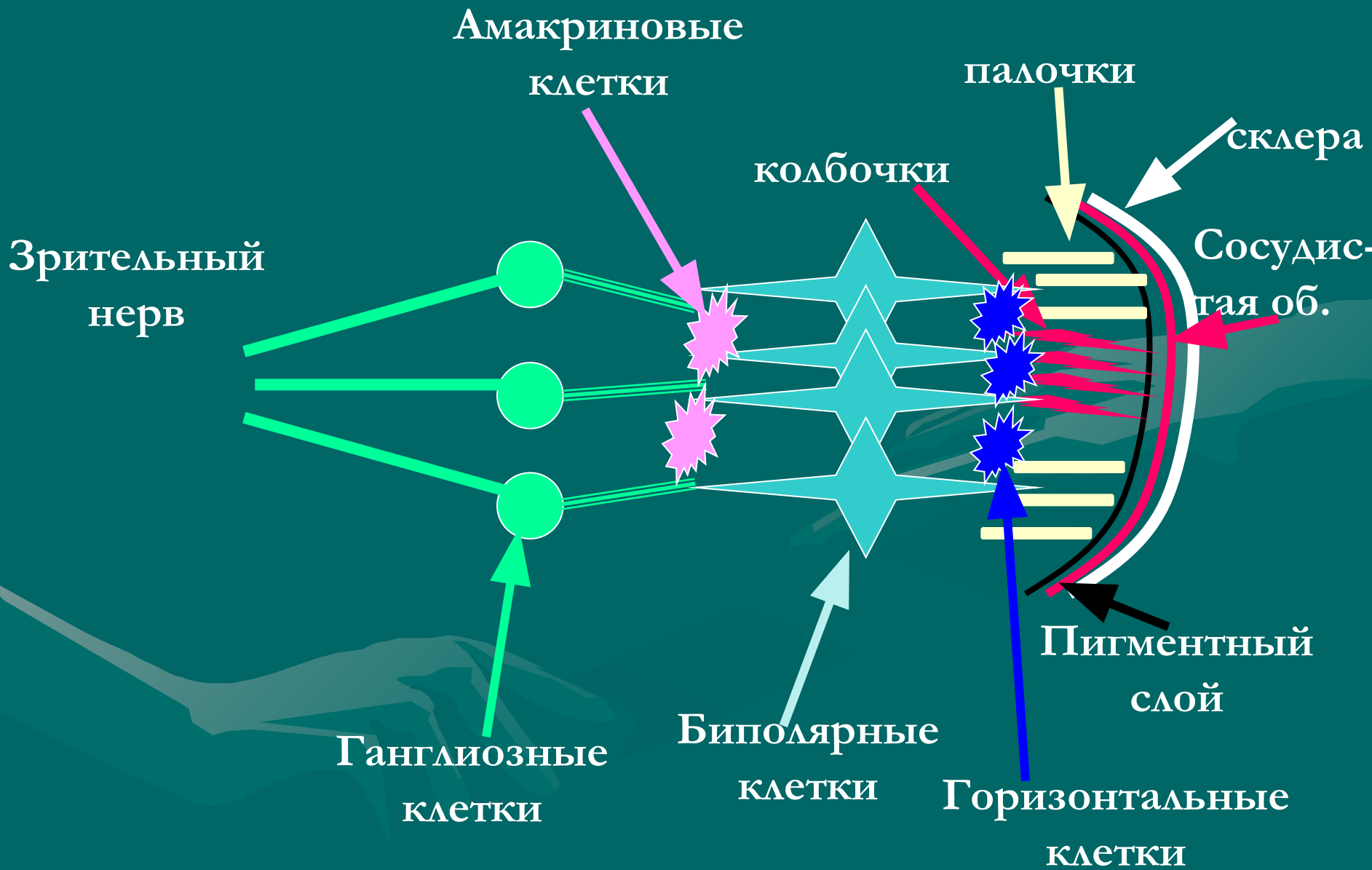
Биполярные клетки

Наружный синаптический слой

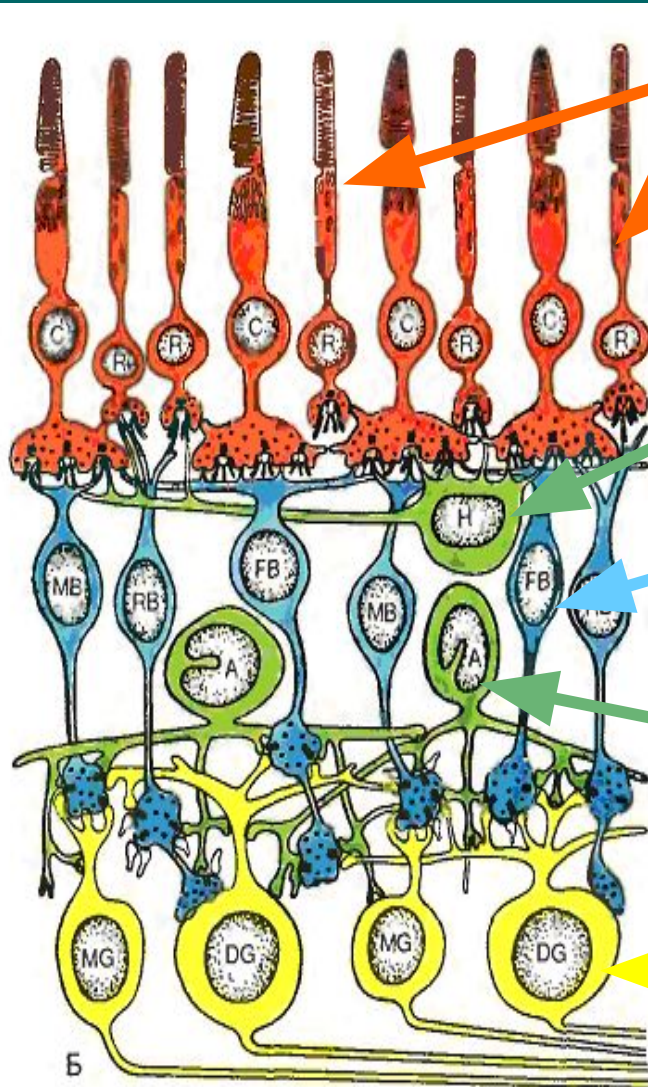
Рецепторные клетки

Пигментные клетки Палочки Колбочка





# Строение фоторецептора и сетчатки глаза



Фоторецепторы

Горизонтальные  
клетки

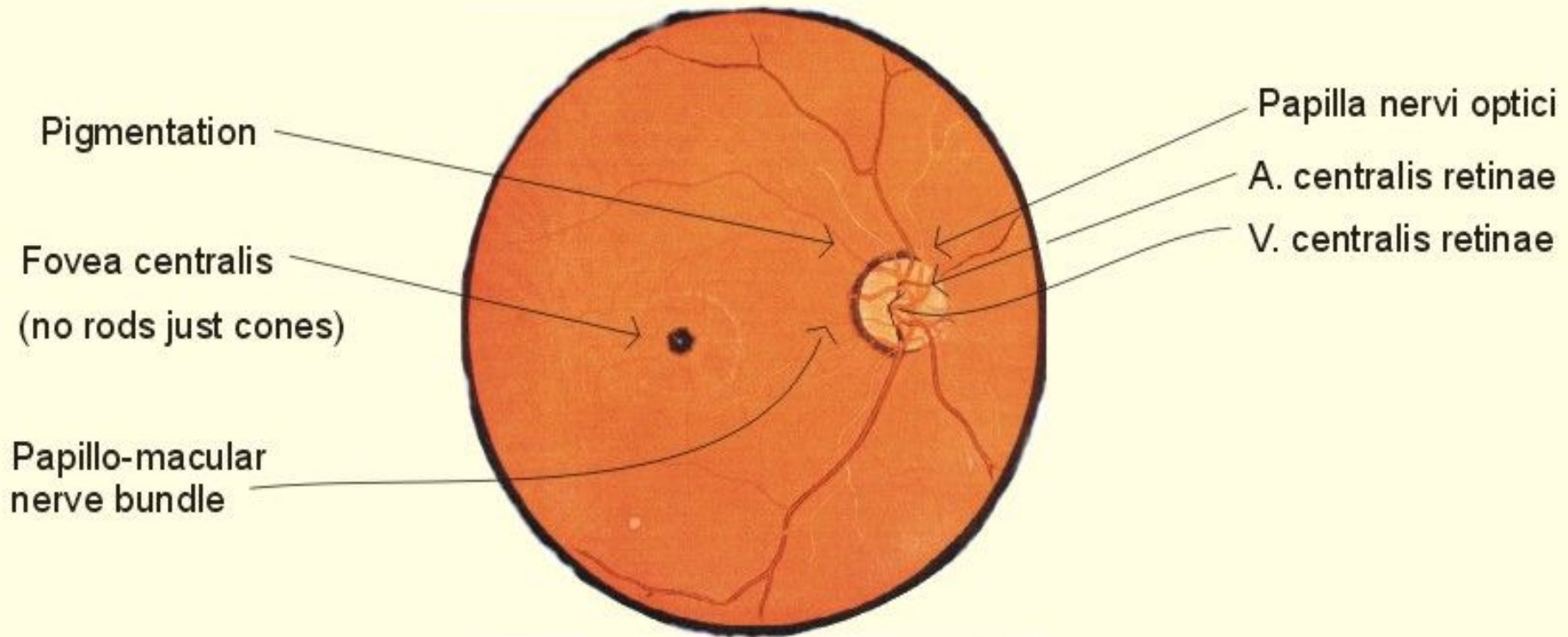
Биполярные  
клетки

Амакриновые  
клетки

Ганглиозные  
клетки



## Normal Ophthalmoscopic Picture



# Механизм восприятия света

Зрительный пигмент – в палочках - **родопсин** – состоит из **ретиноля** (альдегид витамина А) и белка **опсина**; в колбочках - три пигмента - **йодопсин, хлоролаб, эритролаб** .

# Теория двойственности восприятия света

- В сумерках и ночью работают палочки (*скототопическое зрение*).
- При нормальном дневном свете – колбочки (*фототопическое зрение*).
- В первом случае цвета не различаются, во втором различимы как яркость, так и окраска предметов.
- *Куриная слепота – отсутствие сумеречного и ночного зрения при недостатке витамина А*

Схема механизма  
восприятия света на  
примере взаимодействия  
света с фоторецептором-  
палочкой



Деполаризация  
синапса -25 мВ

Выделение медиатора  
глутамата

Фоторецептор в  
темноте

Ток ионов

Высокая  
проницаемость  
для  $\text{Na}^+$

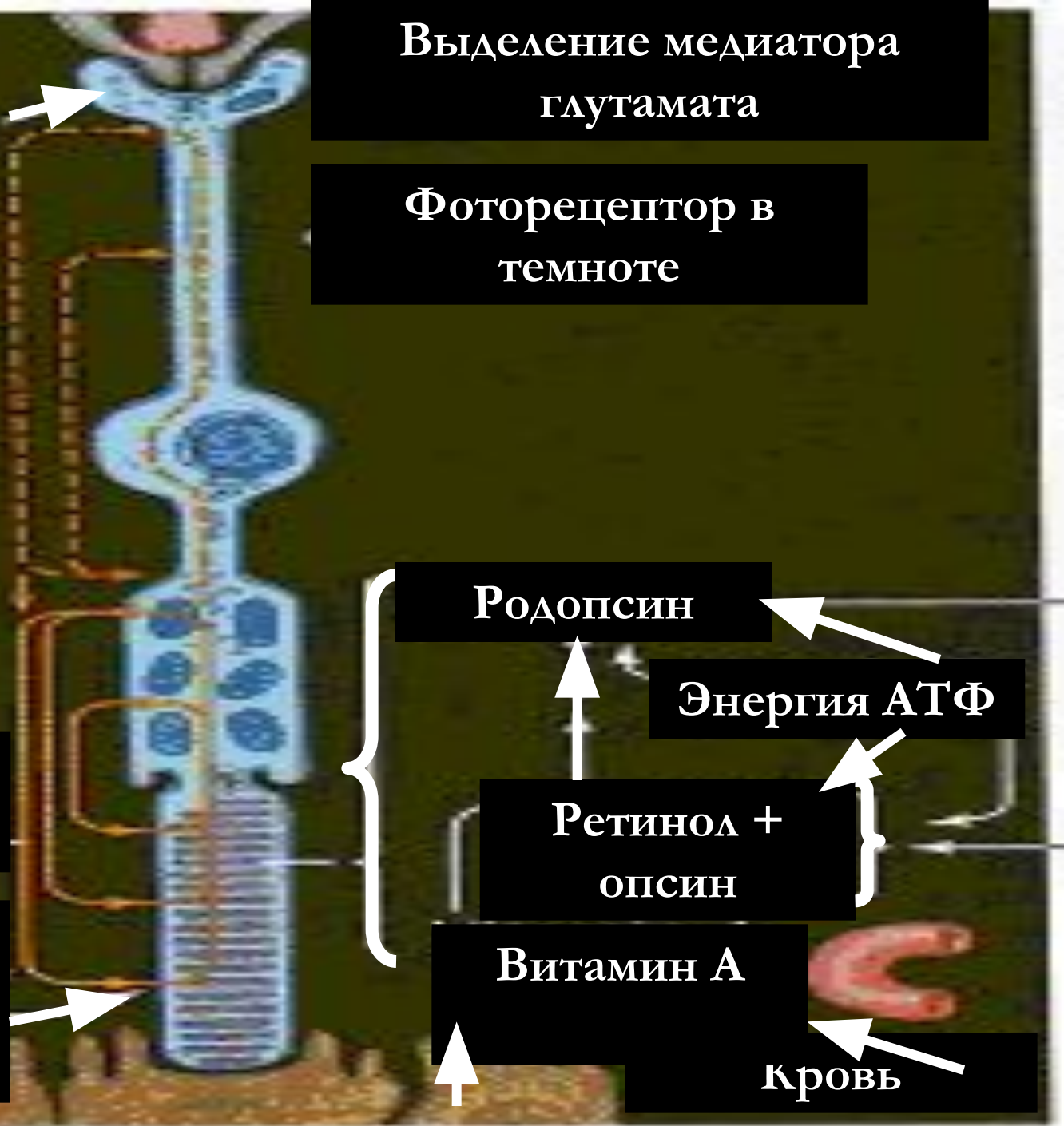
Родопсин

Энергия АТФ

Ретинол +  
опсин

Витамин А

КРОВЬ



Медиатор глутамат -  
уменьшение

Фоторецептор на  
свету

фотон света

люмиродопсин

метародопсин

Ретинол +  
опсин

Витамин А

Гиперполяризация  
синапса -40мВ

polarized  
Synaptic bar

Nucleus

Centriole  
(basal body)

Низкая  
проницаемость  
для  $\text{Na}^+$

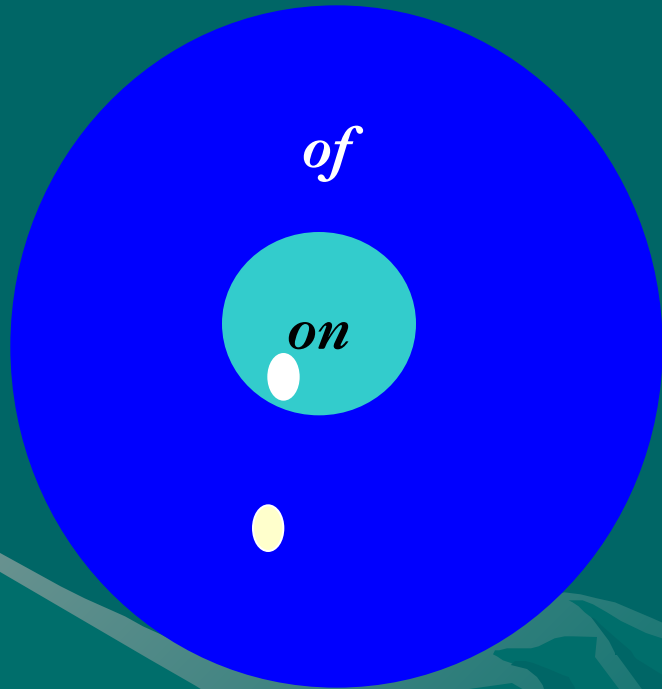




# Рецептивное поле сетчатки (РП)

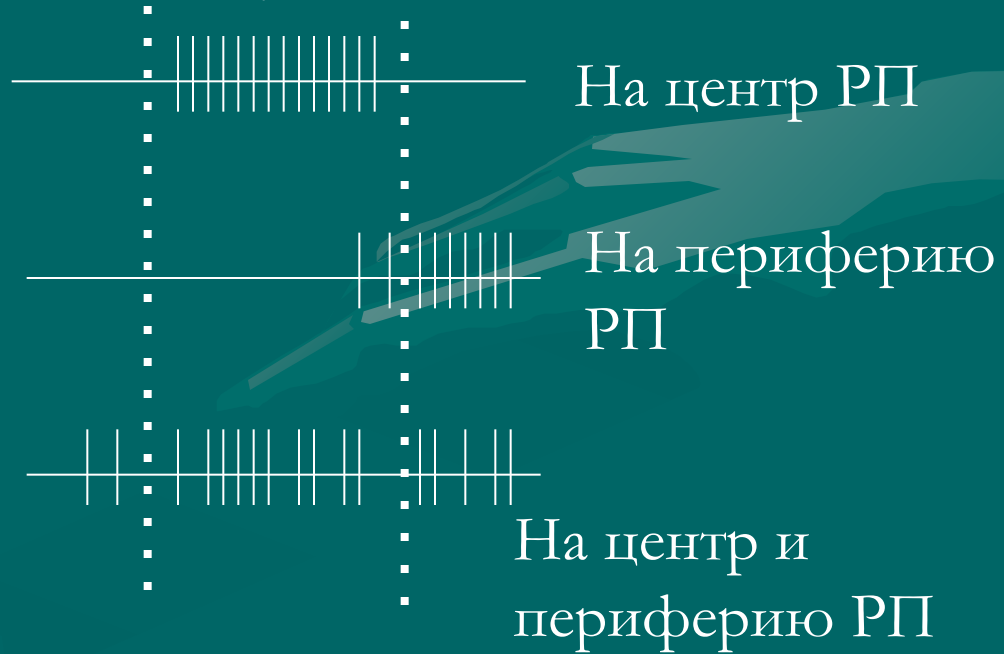
- это область сетчатки, в пределах которой соответствующий зрительный стимул вызывает возбуждение или торможение данного нейрона.
- РП состоит из различных функциональных зон.
- Ганглиозная клетка выполняет операцию пространственной суммации возбуждения или торможения, развивающихся в разных зонах ее РП.

# Рецептивные поля ганглиозной клетки

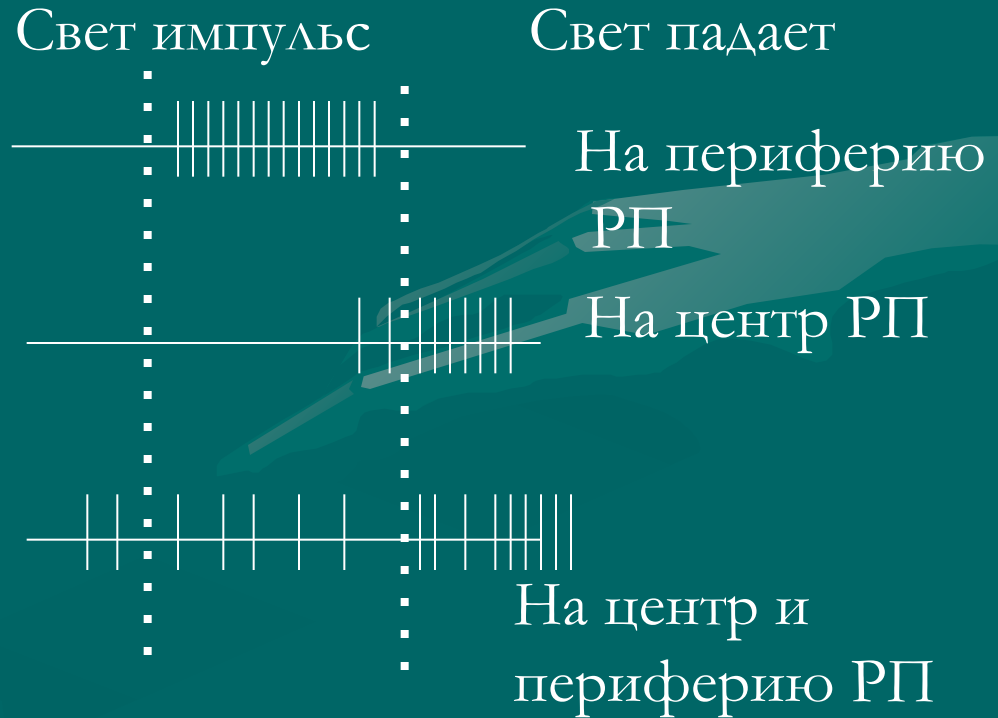
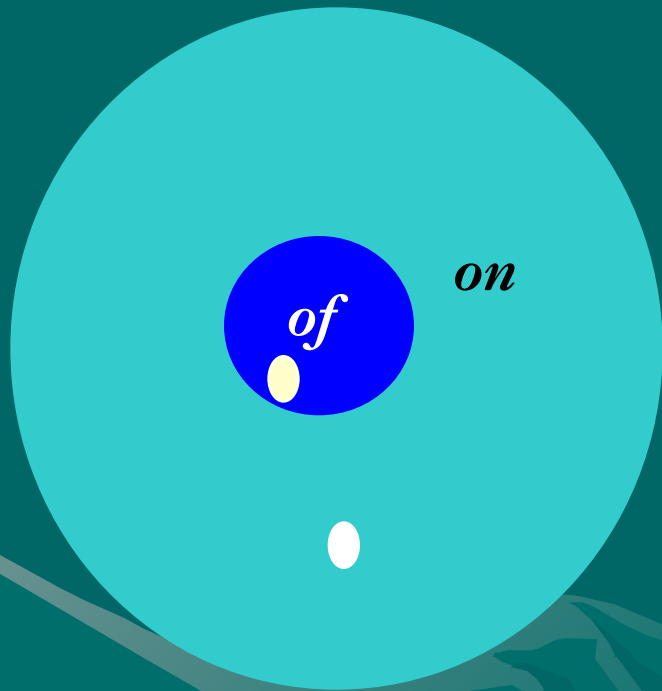


Свет импульс

Свет падает



# Рецептивные поля ганглиозной клетки



# Цветовое зрение

Трехкомпонентная теория  
цветоощущения

# Три типа колбочек

1. Чувствительные к **красному** цвету
2. Чувствительные к **зеленому** цвету
3. Чувствительные к **фиолетовому** цвету

*Нормальное цветоощущение – трихромазия*

*Человек - трихромат*



# Аномалии цветового зрения

- Аномалия – нарушение восприятия оттенков одного из спектров света
- Анопия – выпадение восприятия
- Дихромат – видит два цвета
- Монохромат – воспринимает только один цвет (черно-белый)
- Протос – первый (красный цвет); дейтерос – второй (зеленый); тритос – третий (синий)

# Аномалии цветового зрения

- Дихромат протаномал
- Трихромат дейтераноп
- Дихромат тританомал
- Трихромат протаноп



# *Острота зрения («визус»)*

- способность глаза различать две светящиеся точки раздельно при минимальном расстоянии между ними
- нормальный глаз различает две точки раздельно под углом зрения в одну минуту
- **Острота зрения выражается в относительных величинах**
- **Нормальная острота принимается за единицу**  
*Острота зрения характеризует как состояние преломляющих сред глаза, так и состояние сетчатки*

# Определение остроты зрения

- Таблицы Сивцева и таблицы с кольцами Ландольта
- $V = d/D$
- $d$  – расстояние, на котором данный стимул (буква строчки) может быть опознан
- $D$  – расстояние, с которого данный стимул виден как объект с угловыми размерами в 1 угловую минуту – 5 м

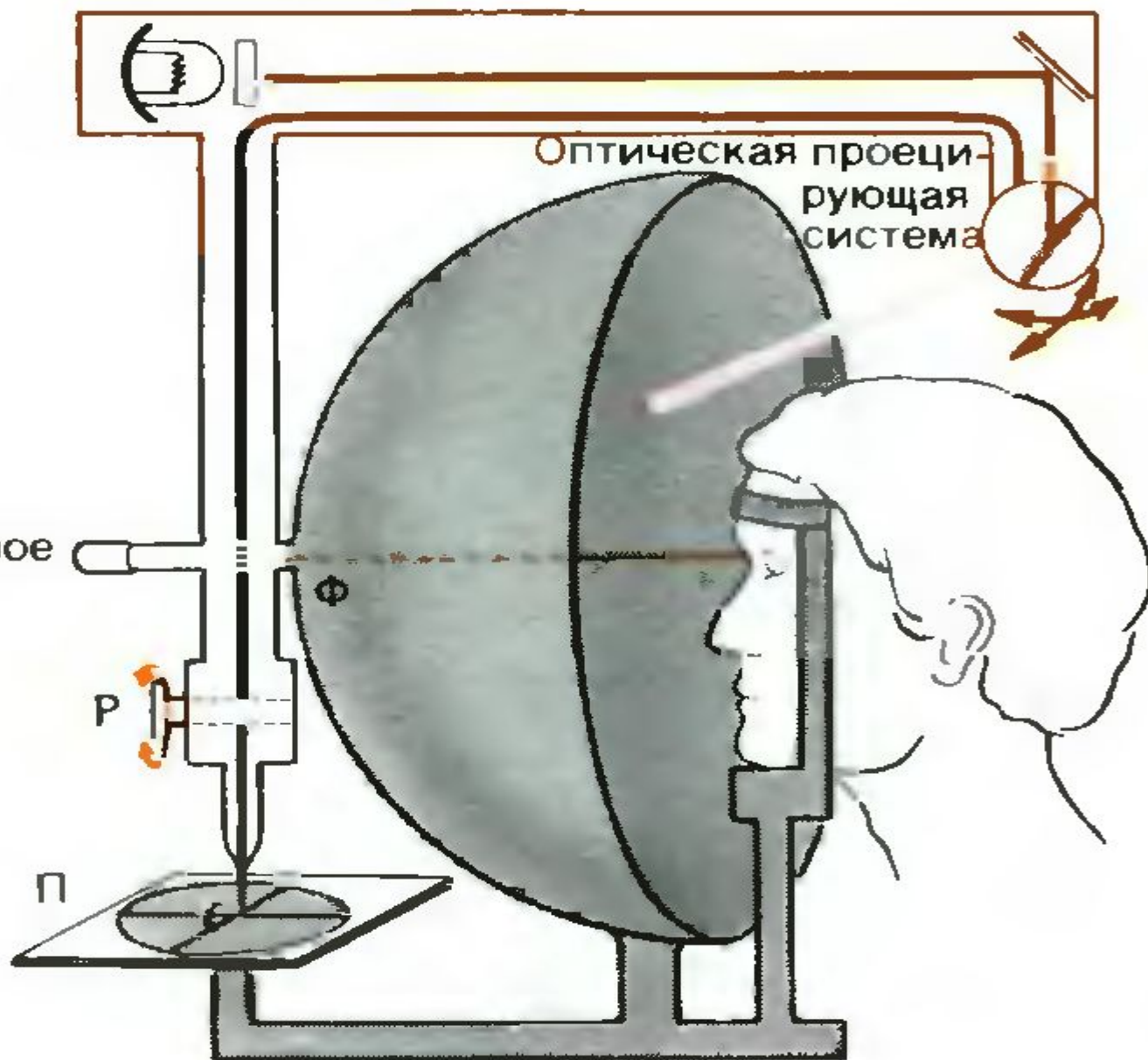
# *Поле зрения*

- пространство, видимое глазом при фиксации взгляда в одной точке
- цветное (хроматическое) – отражает состояние колбочек (объект попадает в область желтого пятна)
- бесцветное (ахроматическое) – отражает состояние периферии – палочек. Оно больше хроматического

# Определение поля зрения

- С помощью периметра
- *Клиническое значение определения поля зрения: дает возможность оценить состояние сетчатки и позволяет провести топическую диагностику путем оценки состояния зрительных путей*
- **Скотома** – участок поля зрения, на котором отсутствует восприятие предмета, другими словами – выпадение поля зрения.

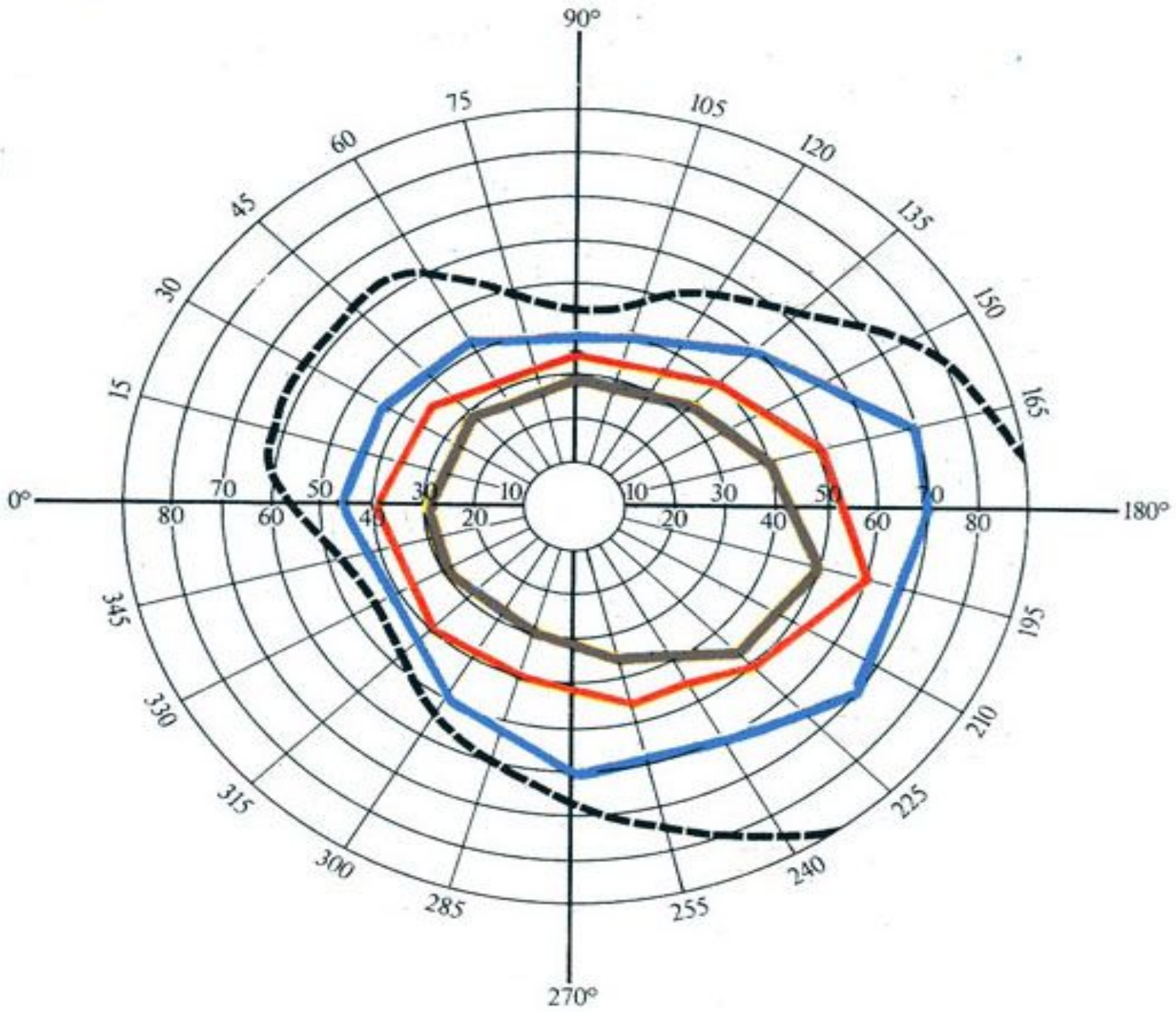
Источник света

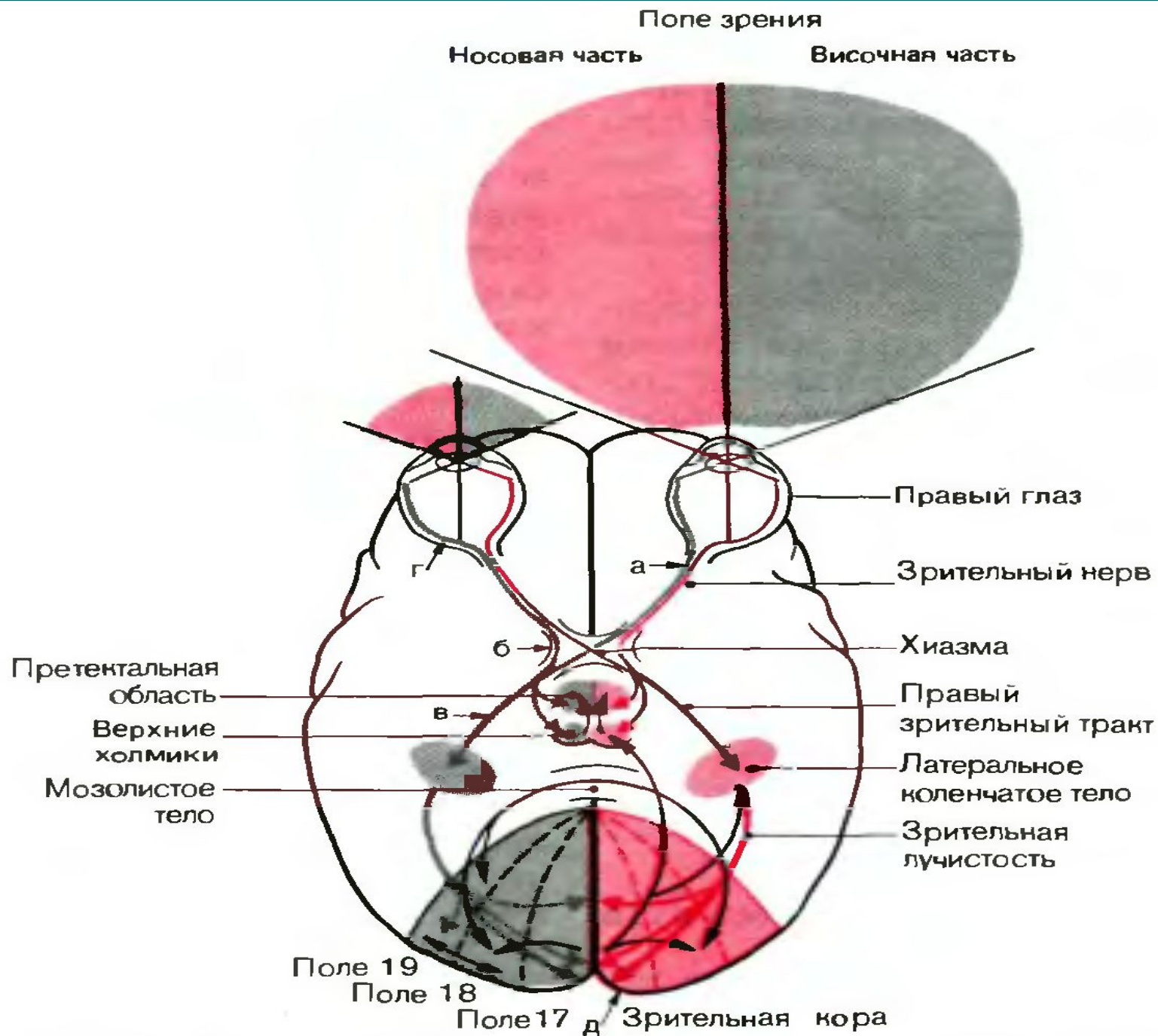




Б. Поле зрения  
левого глаза







Поле зрения

Носовая часть

Височная часть

Правый глаз

Зрительный нерв

Хиазма

Правый зрительный тракт

Латеральное коленчатое тело

Зрительная лучистость

Претентальная область

Верхние холмики

Мозолистое тело

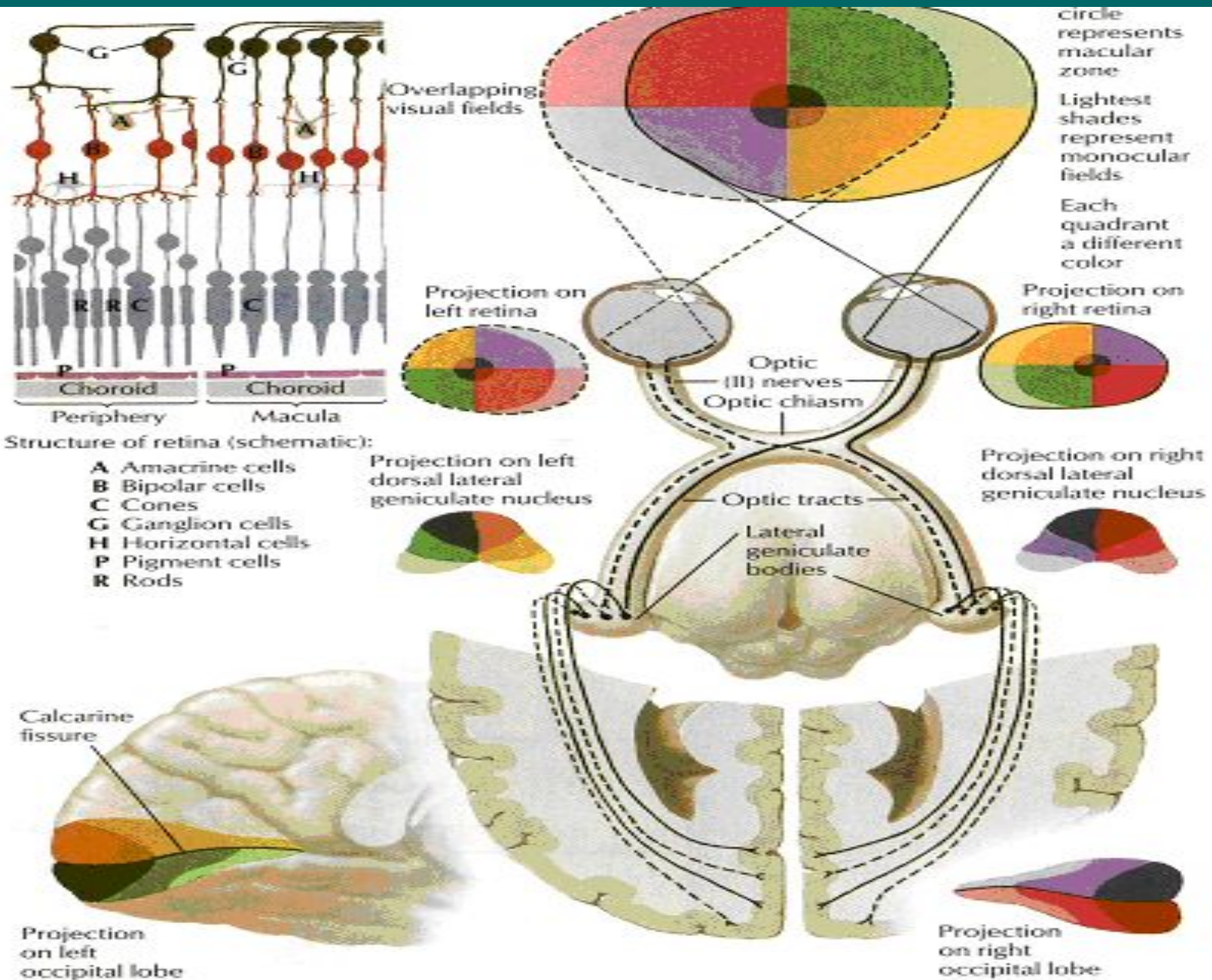
Поле 19

Поле 18

Поле 17

Зрительная кора





# Зрительная адаптация

**Темновая** – переход от света к темноте

- Восстановление зрительного пигмента – родопсина
- Уменьшение или даже снятие горизонтального торможения на сетчатке – увеличение РП ганглиозных клеток
- 10 мин – чувствительность увеличивается в десятки раз
- 1 час – ув. в десятки тысяч раз

# Зрительная адаптация

**Световая** – переход из темноты к освещенности

- Снижается чувствительность сетчатки
- Уменьшатся диаметр зрачка
- Увеличивается тормозное влияние горизонтальных и амакриновых клеток
- Длится несколько секунд