

Зрительный анализатор



АНАЛИЗАТОРЫ

- Анализатор – это система чувствительных нервных образований, осуществляющих анализ и синтез изменений, происходящих во внешней среде и в организме. Этот термин ввел И.П.Павлов.

Каждый анализатор включает:

1. Периферический отдел, воспринимающий внешнее воздействие и трансформирующий его в нервный импульс. Состоит из специализированных рецепторов.
2. Проводящие пути, по которым импульс поступает в головной мозг. Состоит хотя бы из трех нейронов. Также сюда относятся подкорковые центры
3. Нервный центр в коре головного мозга (корковый конец анализатора), где внешние воздействия осмысливаются и формируется ответная реакция организма.

Глаз

Орган зрения расположен в глазнице, стенки которой его защищают. Амортизатором служит жировая клетчатка с сосудами и нервами. Состоит из глазного яблока и вспомогательного аппарата.

Глазное яблоко имеет форму шара, состоит из оболочек и внутреннего ядра.

Стенка глазного яблока состоит из трех оболочек, которые имеют разные функции в передней и задней частях глазного яблока.

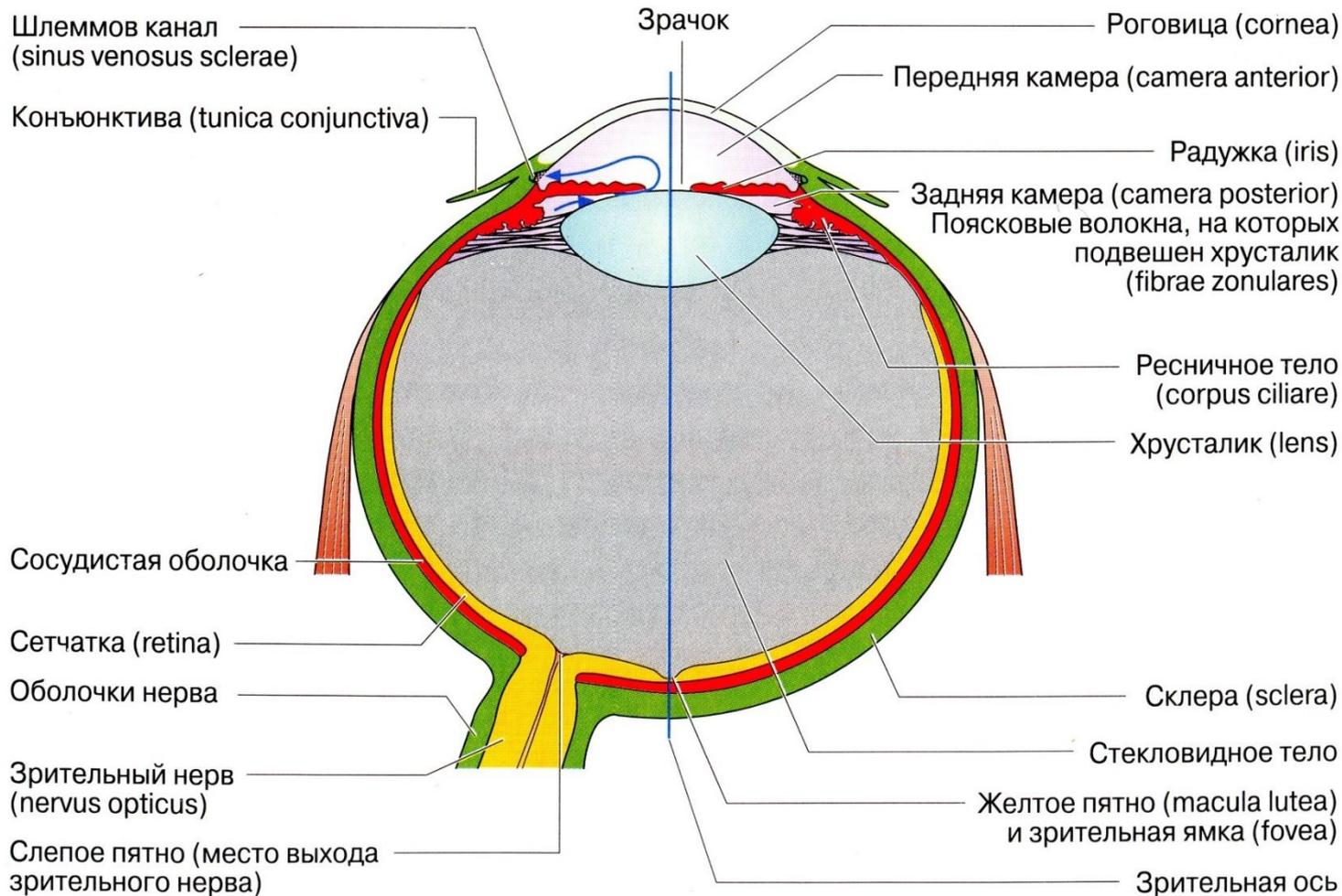
Слои идут в следующем порядке, начиная от наружной стороны:

- Фиброзная оболочка. Образует склеру в задней части глазного яблока и роговицу в передней части.
- Сосудистая оболочка: образует собственно сосудистую оболочку (uveальный тракт) в задней части глазного яблока, в передней части ресничное тело и радужку.
- Внутренняя оболочка глаза – сетчатка (светочувствительная часть) в задней части глазного яблока, в передней части это пигментный эпителий ресничного тела и радужки (слепая часть сетчатки).

Ядро глазного яблока

- Водянистая влага: передняя и задняя камера глазного яблока.
- Хрусталик
- Стекловидная камера со стекловидным телом

Глазное яблоко



Горизонтальный срез через глазное яблоко. Цветами показаны оболочки глазного яблока: внутренняя (желтая), средняя (красная) и наружная (зеленая). Проток водянистой влаги через переднюю камеру показан синими стрелками.

Передняя часть глазного яблока

- Передняя и задняя камеры глаза
- Хрусталик и ресничное тело
- Радужка с отверстием в середине (зрачок)
- Роговица
- Стекловидное тело

Передняя камера глаза

Расположена позади роговицы. Заполнена водянистой влагой и сзади ограничена зрачком и радужкой. В месте перехода радужки в роговицу расположена соединительнотканная трабекулярная сеть. Через ее отверстия водянистая влага попадает в круговую вену, которую называют шлеммов канал. Здесь происходит отток водянистой влаги. Через зрачок передняя камера сообщается с задней камерой глаза.

Задняя камера глаза

Спереди задняя камера глаза ограничена задней поверхностью радужки и ресничного тела (ресничная мышца и поясковые волокна). Сзади задняя камера граничит с передней поверхностью стекловидного тела.

Здесь образуется водянистая влага.

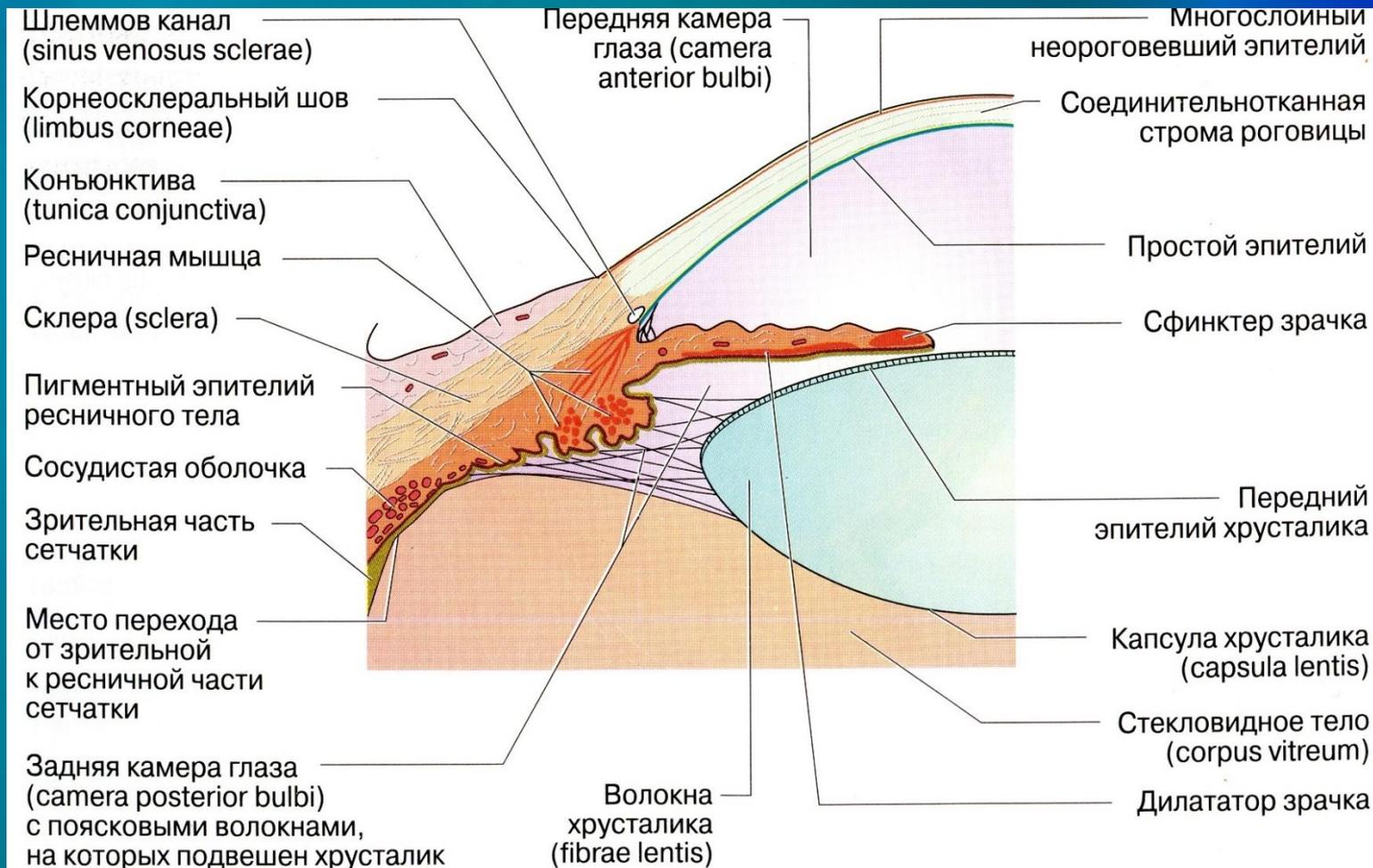
Стекловидное тело

Не содержит ни сосудов, ни нервов. Состоит из прозрачного студенистого вещества, содержит 98% воды, основу составляют коллаген и гиалуроновая кислота (связывает воду). Занимает приблизительно $2/3$ общего объема глазного яблока и придает ему прочность. Объем 3,5-5 мл. Имеет стекловидную ямку, где к нему прилежит хрусталик.

Оптическая система глаза

- Включает в себя роговицу, водянистую влагу, хрусталик и стекловидное тело. Обеспечивает прохождение, преломление и фокусировку лучей света.

Передняя и задняя камера глаза



Горизонтальный срез через переднюю часть глазного яблока (по Фаллеру).

Внутриглазное давление

Форма глазного яблока обеспечивается склерой и внутриглазным давлением, которое превышает атмосферное на 15-20 мм.рт.ст. Внутриглазное давление создается водянистой влагой и поддерживается соотношением секреции и оттока. Если отток затруднен, то внутриглазное возрастает. В результате возникает **глаукома** (тоннельное зрение). Внутриглазное давление в норме составляет 15-25 мм.рт.ст. Понижение внутриглазного давления тоже приводит к нарушению зрения.

Хрусталик

Хрусталик — двояковыпуклая линза. Располагается позади радужки на передней поверхности стекловидного тела. Хрусталик удерживается волокнами ресничного пояска, который простирается от ресничного тела. Совокупность этих волокон называется Циннова связка. При изменении формы хрусталика меняется его преломляющая сила. Таким образом производится наведение фокуса на объекты, располагающиеся на различном расстоянии (**аккомодация**).

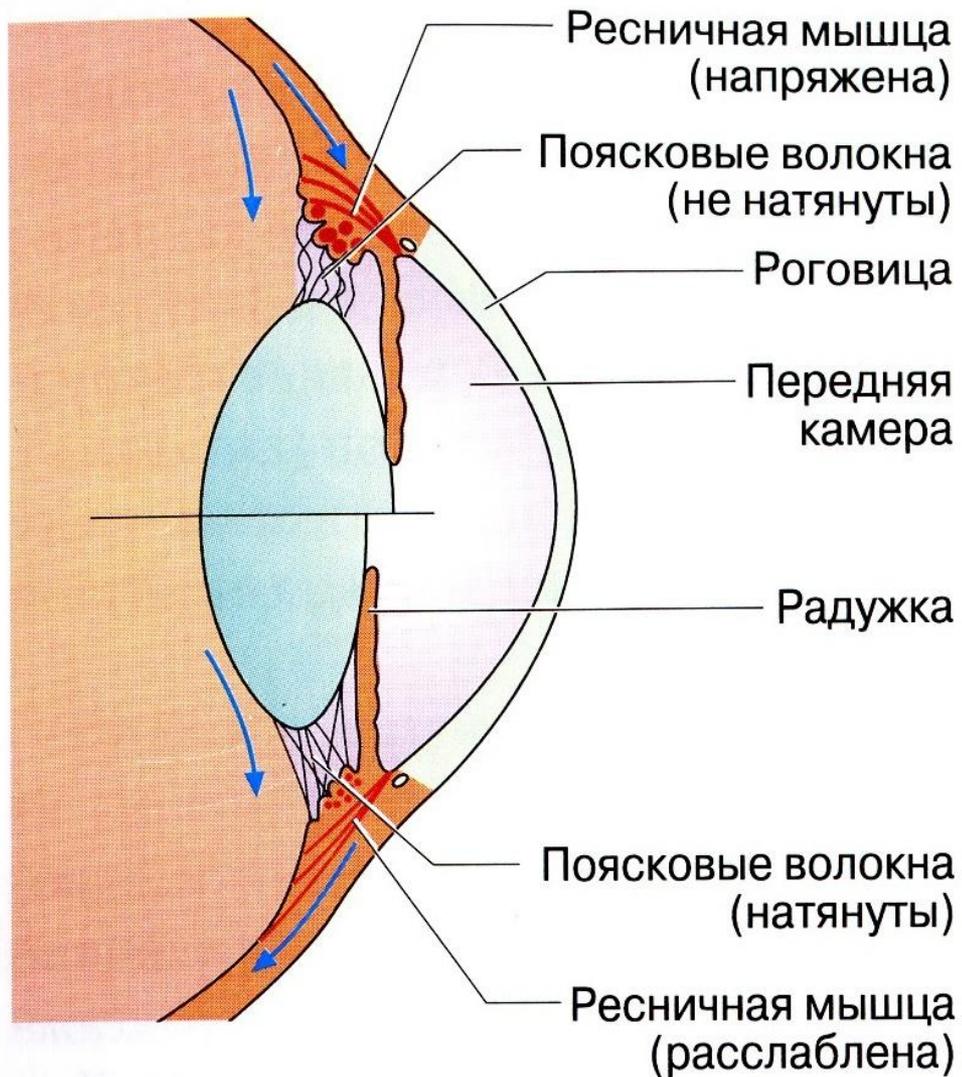
Хрусталик и аккомодация

Ресничная мышца напряжена, поясковые волокна не натянуты, хрусталик сферический, преломляющая сила повышена, **аккомодация на объекты вблизи.**

Ресничная мышца расслаблена, поясковые волокна натянуты, хрусталик уплощенный, преломляющая сила понижена, **аккомодация на объекты вдали.**

С возрастом хрусталик теряет эластичность, твердеет. В результате снижается его способность к аккомодации и он теряет возможность фокусироваться на близко расположенные объекты. Возникает старческая дальнозоркость — **пресбиопия.**

Схема аккомодации



Верхняя половина рисунка: фокусировка на близкорасположенные объекты (ресничная мышца напряжена).

Нижняя половина рисунка: фокусировка вдаль (поясковые волокна натянуты).

Радужка

Радужка образует отверстие переменного размера – зрачок. Его просвет может быть уменьшен или увеличен с помощью двух мышц: сфинктера зрачка (парасимпатика) и дилататора зрачка (симпатика). Ширина регулируется рефлекторно, зависит от количества падающего света. Размер зрачка может изменяться от 1,5 мм (**миоз**) до 8 мм (**мидриаз**). Зрачковый рефлекс на свет является содружественным (зрачок изменяется у обоих глаз).

Радужка имеет лучковый край и ресничный край, которые прилегают к одноименным структурам.

Цвет радужки зависит от количества и размещения пигмента – меланина. Если радужка полностью лишена пигмента, то через нее видны кровеносные сосуды при попадании света, при рассеивании света – глаза голубые.

Роговица

Самая передняя часть наружной оболочки глаза. Обладает бОльшей кривизной, чем склера, напоминает уплощенный купол. Лишена кровеносных сосудов и получает питательные вещества путем диффузии из водянистой влаги. Наружная поверхность покрыта многослойным неороговевающим эпителием, внутренняя – однослойным. На границе роговицы со склерой находится лимб – полоса 1-1,5 мм. Прямые мышцы глаза крепятся к склере глаза на расстоянии 6-7 мм от лимба, косые мышцы глаза на расстоянии 15 мм.

Прозрачность роговицы зависит от содержания в ней жидкости и степени разбухания волокон.

При отклонении роговица мутнеет – **бельмо**.

Воспаление – **кератит**.

Задняя часть глазного яблока

Состоит из склеры, сосудистой оболочки и сетчатки, состоящей из светочувствительных клеток и нейронов, отростки которых выходят из задней стенки глаза в виде зрительного нерва.

Между склерой и сосудистой оболочкой имеется щелевидное пространство, которое называется околосоудистое или перихороидальное.

Склера имеет решетчатую пластинку в месте, где зрительный нерв выходит из глазного яблока.

Сосудистая оболочка (uveальный тракт) имеет толщину 0,2 мм, состоит из радужки, ресничного тела и собственно сосудистой оболочки. Ресничное тело покрыто гребнями, складками и отростками, оно продолжается в радужку. Сосудистая оболочка содержит кровеносные сосуды, которые питают соседние слои, прежде всего сетчатку.

Сетчатка

Состоит из световоспринимающей части (зрительная часть сетчатки) и нечувствительной к свету (слепая часть сетчатки или ресничная). Граница между этими частями проходит по зубчатому краю (задняя граница ресничного тела).

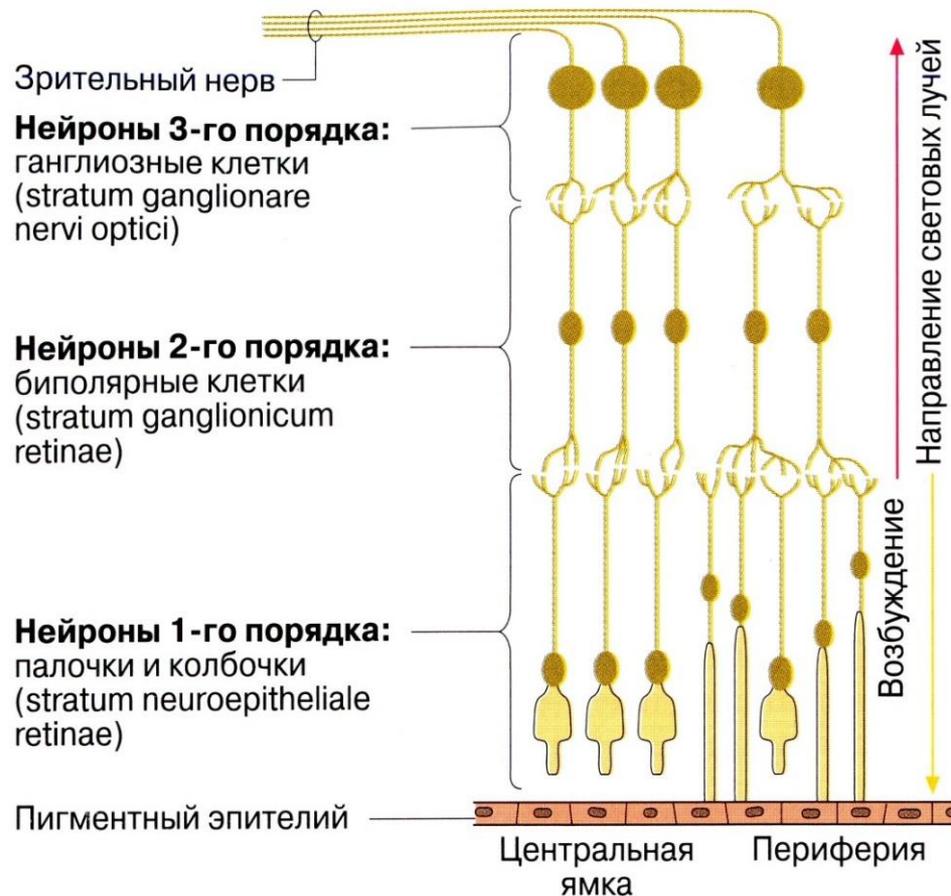
Зрительная часть сетчатки покрывает всю заднюю часть глазного яблока и состоит из двух слоев: наружного пигментного эпителия и внутреннего световоспринимающего слоя.

Пигментный эпителий вплотную примыкает к сосудистой оболочке и содержит гранулы пигмента. Клетки пигментного слоя образуют отростки, которые помещаются между фоторецепторами. Основная функция этого эпителия – питание фоторецепторов.

Сетчатка имеет 10 слоев клеток. Мы рассмотрим только 3 основных слоя:

- Нейроны первого порядка – фоторецепторы (колбочки и палочки)
- Нейроны второго порядка – биполярные клетки.
- Нейроны третьего порядка – ганглиозные клетки, отростки которых формируют зрительный нерв.

Сетчатка



Связи между нервными элементами сетчатки. В области центральной ямки желтого пятна располагается только один вид сенсорных клеток — колбочки: за пределами центральной ямки (на периферии) содержатся также и палочки. Обратите внимание на направление распространения световых лучей (по Дуусу).

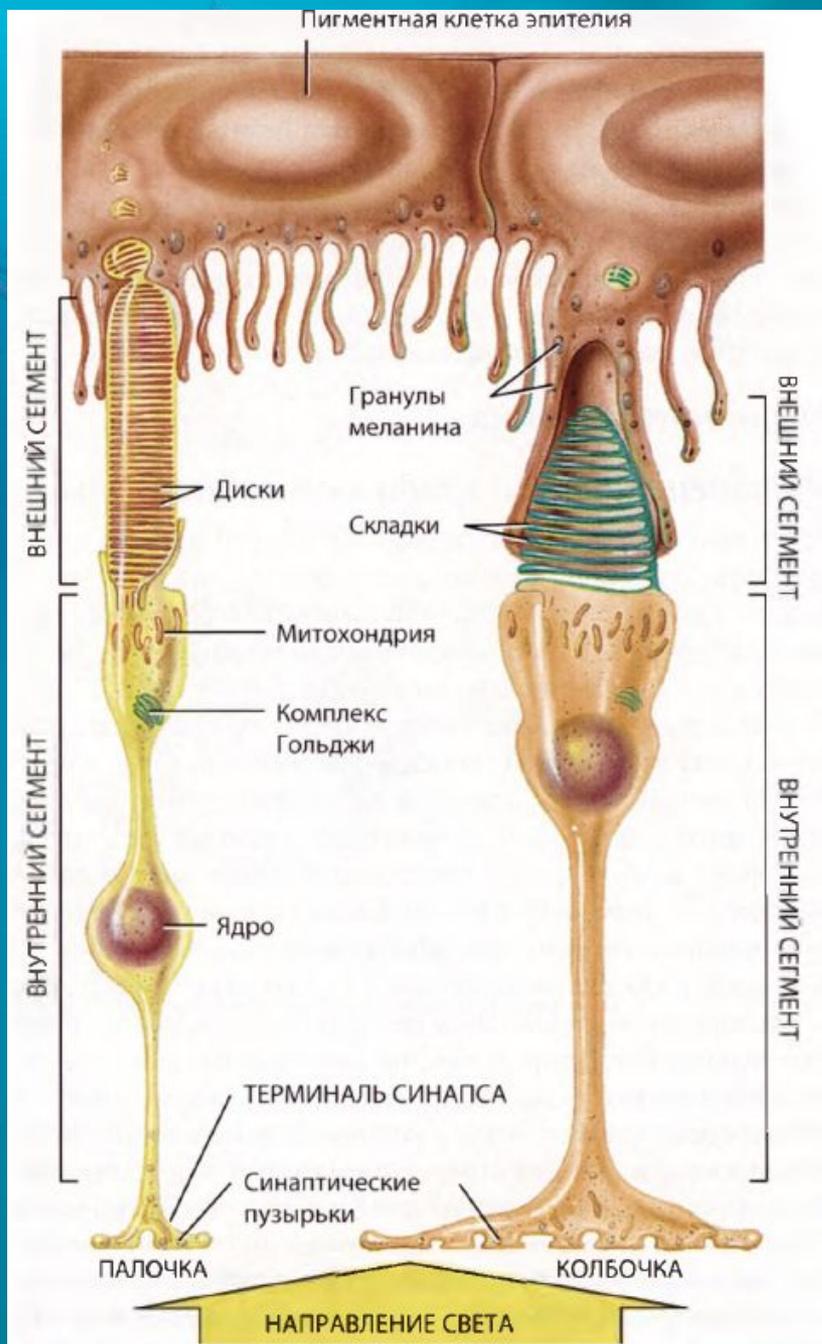
Фоторецепторы – это палочки и колбочки. Они располагаются в самом наружном слое сетчатки, до пигментного эпителия и скрыты слоями нервных клеток. То есть свет в начале попадает на нервные клетки и только потом на фоторецепторы, поэтому сетчатку глаза называют «инвертированной».

Палочки обеспечивают черно-белое зрение при слабом освещении (100-120 млн). Колбочки обеспечивают цветное зрение (6-7 млн). Фоторецепторы связаны с биполярными клетками. Одна биполярная клетка контактирует с одной колбочкой или с 3-4 палочками.

В нормальных условиях (**эмметропия**) фокусировка зрительного образа происходит на сетчатку в области желтого пятна перевернутым сверху вниз и слева направо: свет с правой стороны предмета попадает на левую сторону сетчатки и наоборот.

Наружные сегменты палочек имеют цилиндрическую вытянутую форму, а колбочек - заостренную и конусообразную.

Свет вызывает выработку потенциала у рецепторов, это происходит во внешнем сегменте как у палочек, так и у колбочек.



Фоторецепторы внешних сегментов постоянно обновляются. Каждый час в палочках в основание внешнего сегмента добавляется один-три новых диска, а старые диски отслаиваются и поглощаются клетками пигментного эпителия. Внутренний сегмент содержит клеточное ядро и другие органеллы. Проксимальный конец заканчивается синапсом, который контактирует с биполярными клетками.

Свет поглощается зрительным пигментом, его структура меняется под действием света и возникает рецепторный потенциал. Пигмент палочек – родопсин (в переводе роза+зрение). В каждом из типов колбочек сетчатки имеется свой зрительный сегмент, свой опсин. Цвет воспринимается как разность яркости между различными цветами, например. Белым и черным, зеленым и красным. Мы различаем 3 цвета: зеленый, красный и синий, остальные получаются путем смешивания.

Желтое пятно

В области желтого пятна сетчатка глаза образует углубление. На нем располагается центральная ямка, в которой находятся только колбочки. Остальные слои сетчатки в этом месте раздвинуты в стороны, падающий свет попадает непосредственно на колбочки. Это область наиболее четкого видения. Желтое пятно находится прямо напротив зрачка.

Желтое пятно

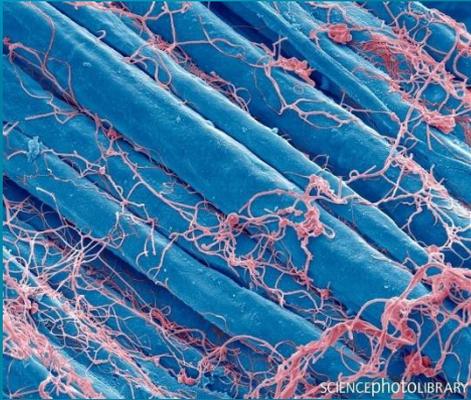


Продольный срез через желтое пятно глаза человека. В центральной ямке свет попадает непосредственно на колбочки.

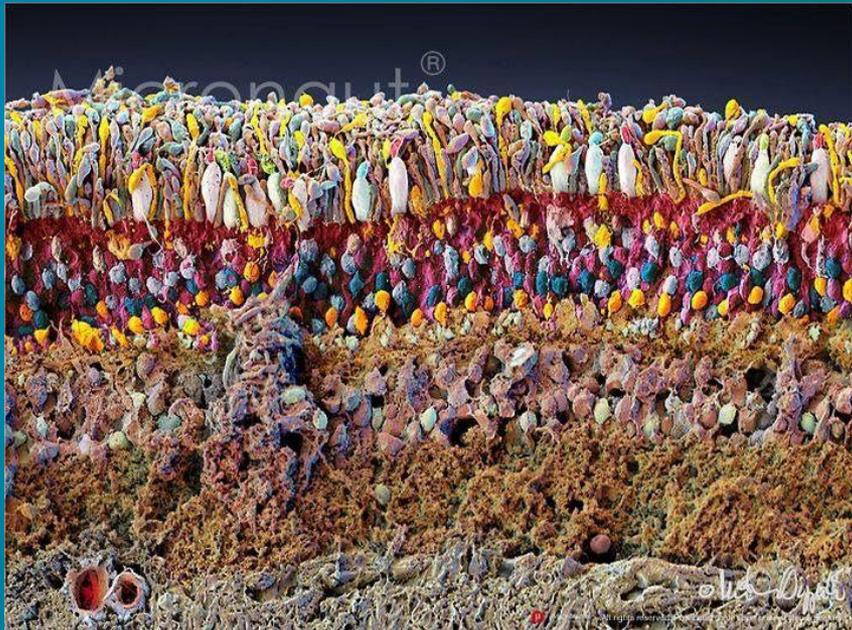
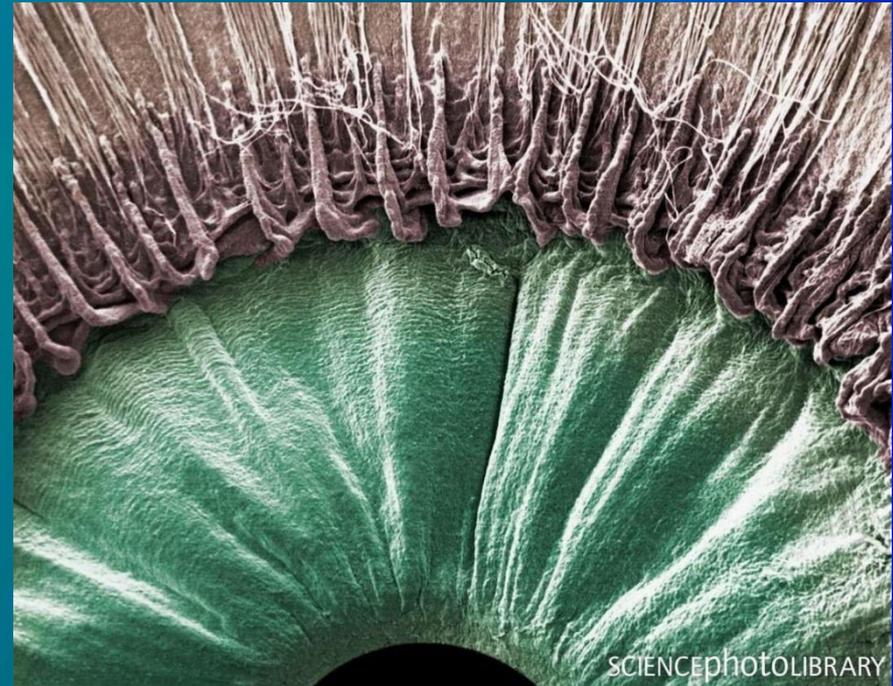
Зрительный диск

Все аксоны ганглиозных клеток собираются в одном месте на задней стороне глазного яблока (зрительный диск) и выходят из глаза сквозь отверстия в решетчатой пластинке склеры. Далее они образуют зрительный нерв и направляются в мозг. Зрительный диск образует слепое пятно, здесь нервные волокна идут поперек сетчатки и содержится малое количество рецепторов.

Зрительный нерв



Глаз изнутри



Сетчатка глаза

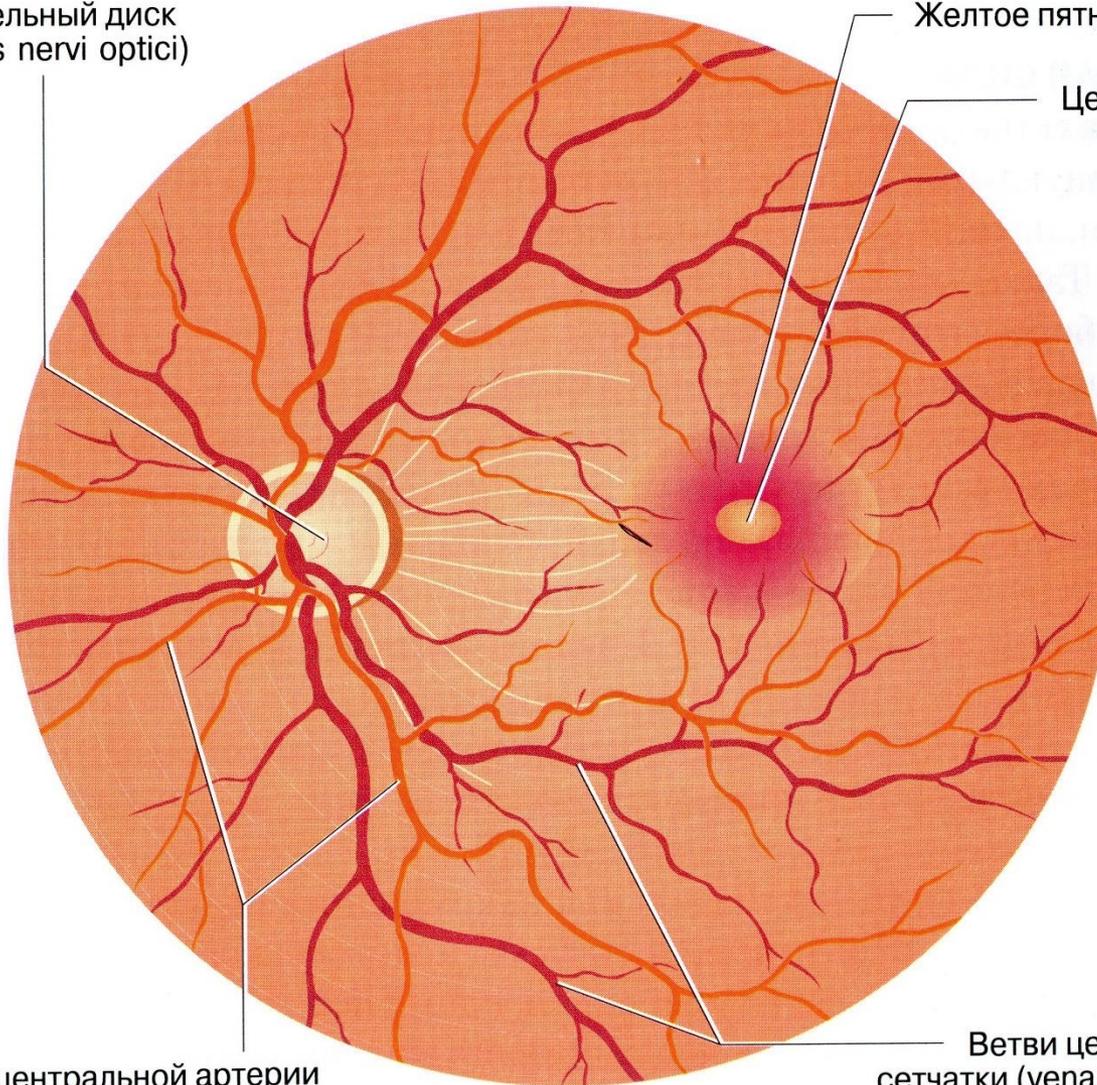
Глазное дно

Глазное дно можно увидеть с помощью офтальмоскопа. Оно имеет красно-оранжевый цвет. Зрительный диск лежит на назальной половине (со стороны носа). Центральная артерия сетчатки входит в середине диска и разделяется на несколько ветвей, некоторые из которых направляются к желтому пятну. Более темные и широки вены соединяются в центральную вену сетчатки и также выходят из сетчатки через зрительный диск. Офтальмоскопическое исследование сетчатки позволяет врачу видеть сосуды и определять состояние сетчатки.

Зрительный диск
(discus nervi optici)

Желтое пятно (macula lutea)

Центральная ямка
(fovea centralis)



Ветви центральной артерии
сетчатки (arteria centralis retinae)

Ветви центральной вены
сетчатки (vena centralis retinae)

Глазное дно в норме. В области зрительного диска нервные волокна собирают в зрительный нерв, и там же в глаз входит центральная артерия сетчатки.

Ночная (курная) слепота

Продолжительный дефицит витамина А, вызывающий снижение количества родопсина, может вызвать ночную (куриную) слепоту или никталопию - неспособность хорошо видеть при низкой освещенности.

Хорошее зрение зависит от достаточного содержания в диете продуктов, содержащих витамин А (каротин).

Нарушения зрения

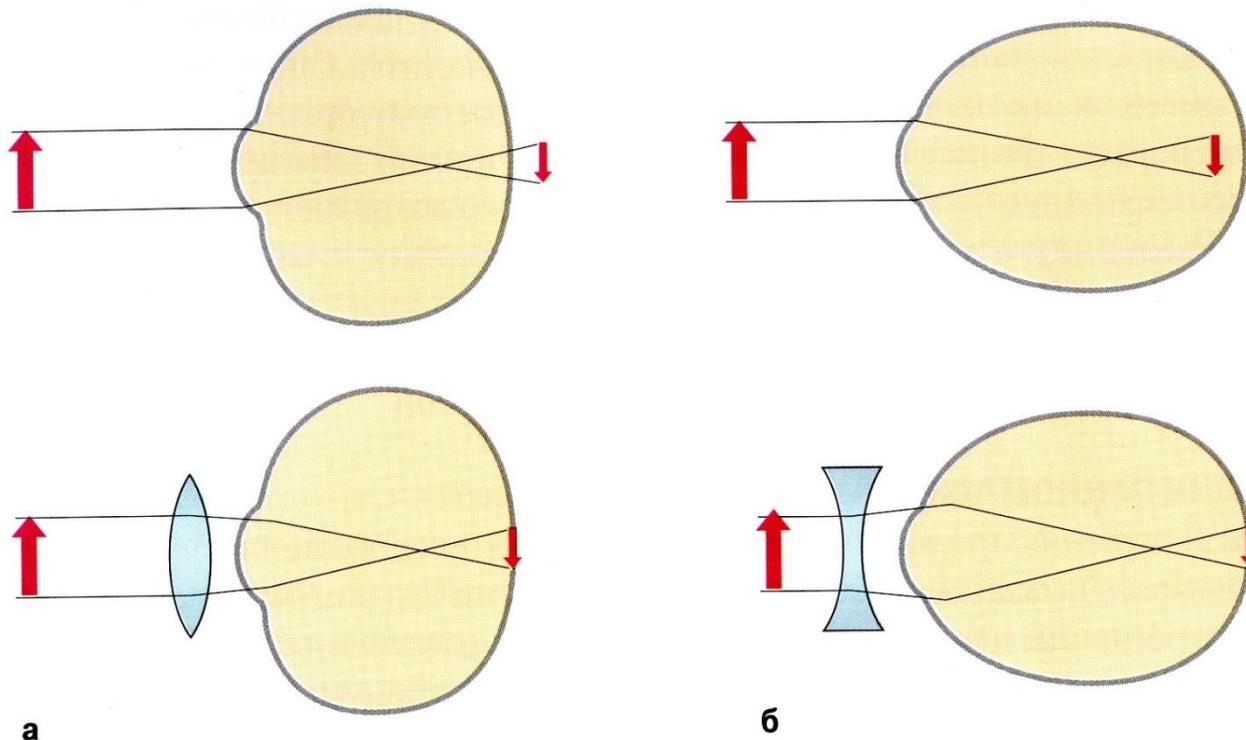
Нарушения зрения могут быть вызваны врожденными аномалиями глазного яблока. Передняя поверхность роговицы в норме расположена на расстоянии 24,4 мм от сетчатки. Увеличение или уменьшение этого расстояния ведет к аномалиям преломления. Если глазное яблоко слишком длинное, возникает близорукость (**миопия**). Если слишком короткое, то возникает дальнозоркость (**гиперметропия**).

При близорукости для улучшения зрения нужно носить очки с вогнутыми линзами (рассеивающие линзы). При дальнозоркости люди должны пользоваться очками с выпуклыми линзами (собирающими). Такие люди должны пользоваться очками и тогда, когда смотрят вдаль, чтобы не утомлять глаза постоянным напряжением ресничной мышцы.

При **астигматизме** неравномерность кривизны роговицы ведет к тому, что точка проецируется на сетчатку не как точка, а как линия. Эта ошибка корректируется цилиндрическими линзами.

Катаракта – помутнение хрусталика, обычно наблюдается в пожилом возрасте.

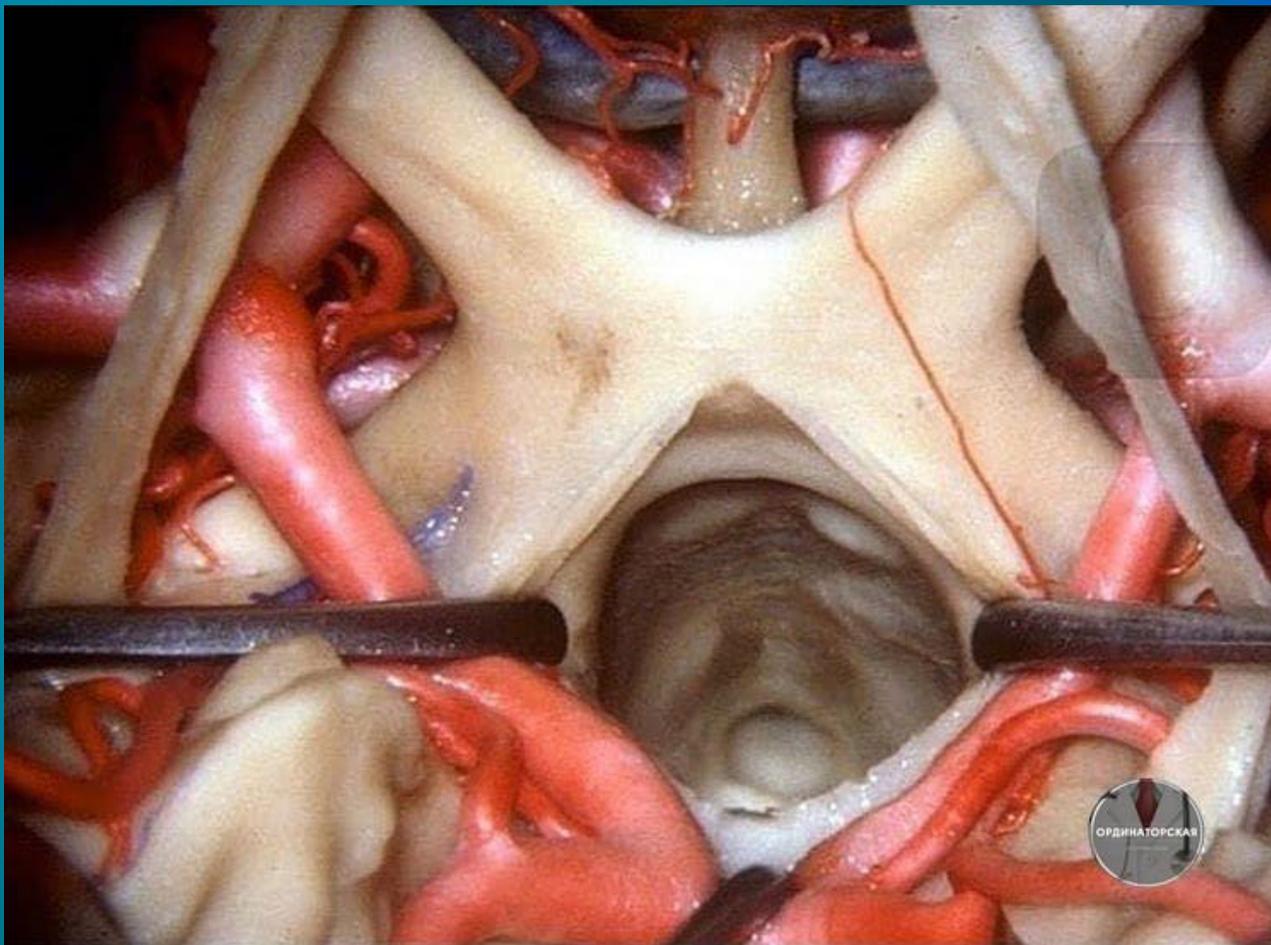
Близорукость и дальность



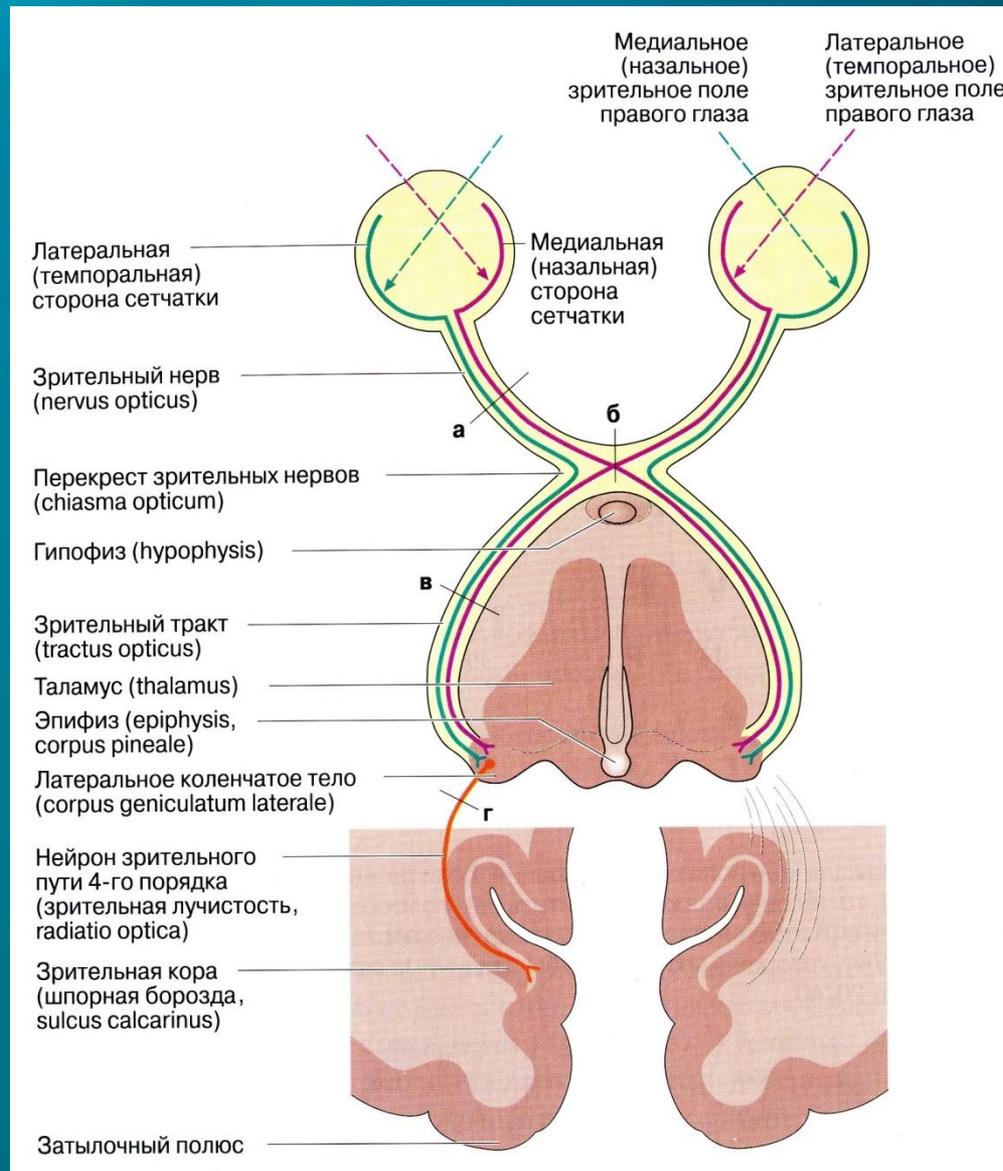
Дальность (гиперметропия) и близорукость (миопия).

- а** Глаз слишком короткий (дальность): коррекция с помощью выпуклой линзы (положительные диоптрии).
- б** Глаз слишком длинный (близорукость): коррекция с помощью вогнутой линзы (отрицательные диоптрии).

Хиазма



Зрительный путь

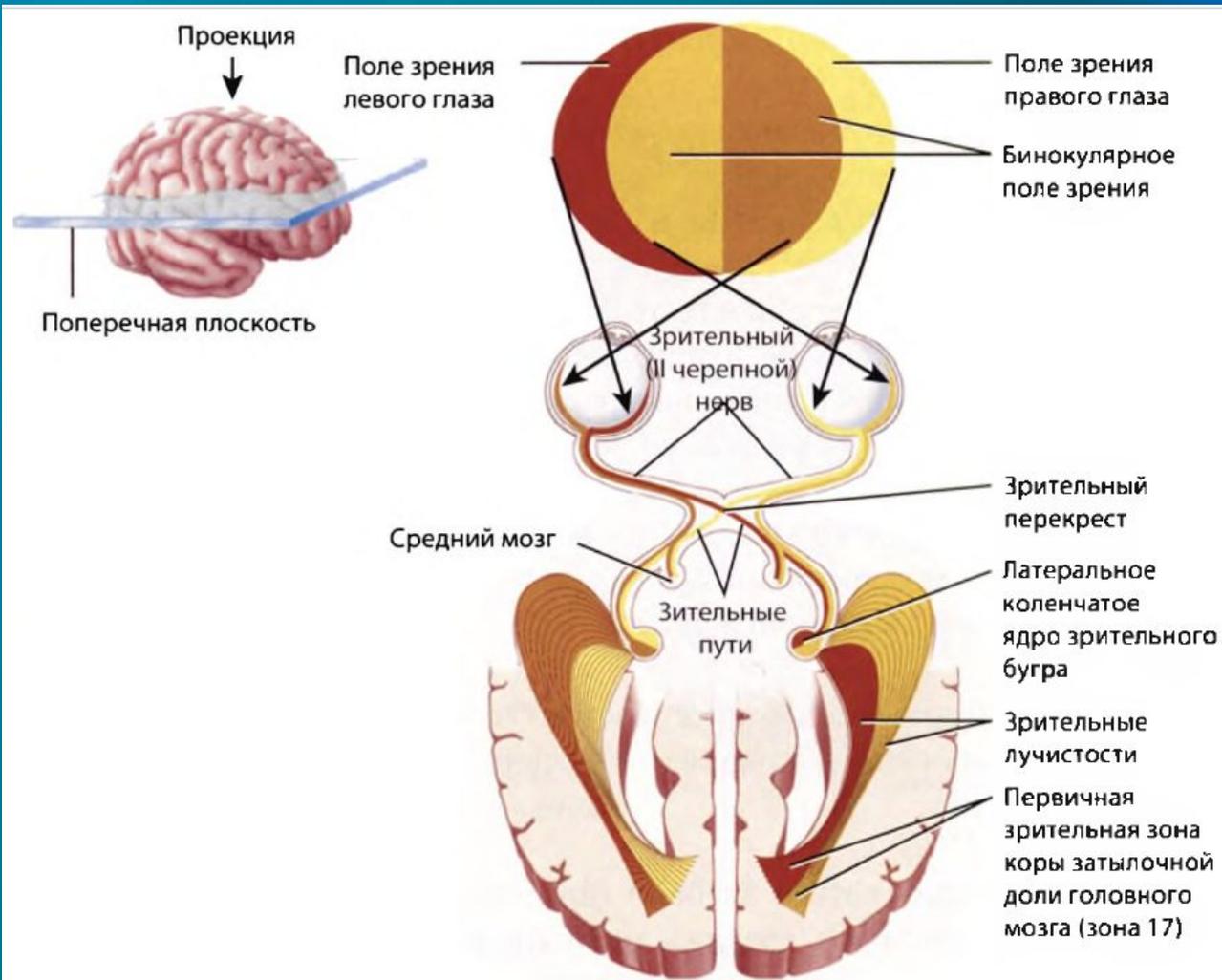


Поле зрения каждого глаза делится на две области: назальную (носовую или центральную) и височную (периферическую или темпоральную) половины. Зрительная информация от назальной половины сетчатки любого глаза переходит к противоположному полушарию. До перекреста (хиазмы) информация передается по зрительному нерву, после перекреста образуется зрительный тракт. По зрительному тракту информация передается в верхние холмики среднего мозга и латеральные коленчатые тела промежуточного, это подкорковые центры зрения. Информация поступает в таламус. Аксоны нейронов таламуса (промежуточный мозг) образуют зрительную лучистость, проходя в зрительную кору головного мозга (шпорная борозда, затылочная доля)

Бинокулярное зрение

Все, что мы видим одним глазом, называется полем зрения этого глаза. Глаза находятся на лице и поля зрения в значительной мере накладываются друг на друга. Благодаря области наложения мы обладаем бинокулярным зрением. Это позволяет воспринимать глубину и оценивать трехмерность объектов, оценивать расстояние.

Бинокулярное зрение



Вид сверху на поперечный разрез глазного яблока и головного мозга

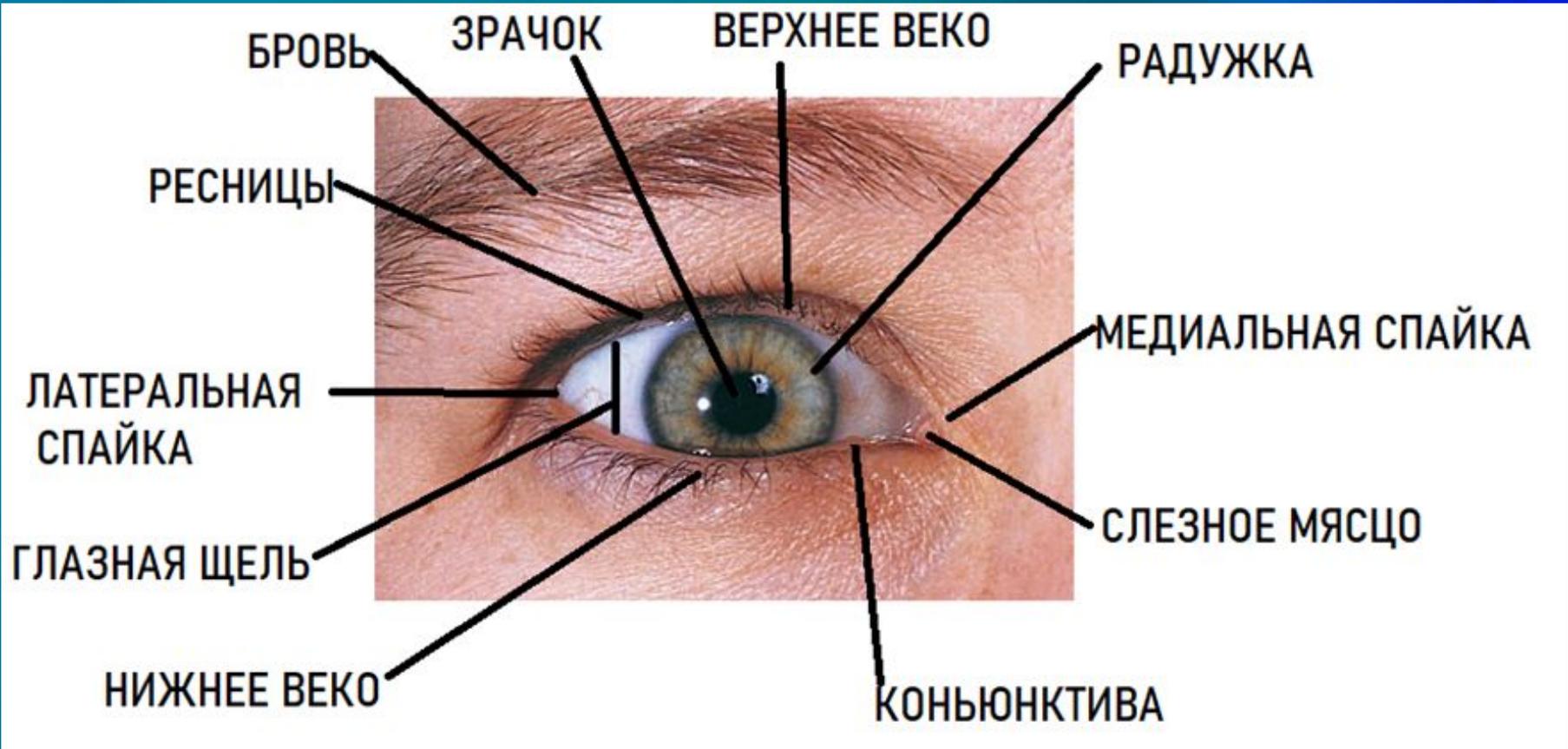
Вспомогательные структуры глаза

- Глазница
- Надкостница глазницы
- Влагалище глазного яблока (тенонова капсула)
- Жировое тело глазницы (вокруг зрительного нерва и мышц, между теноновой капсулой и надкостницей)
- Мышцы глазного яблока
- Брови
- Веки и ресницы
- Конъюнктива
- Слезный аппарат



- Бровь – уплотненный кожный валик, покрытый волосами. Предохраняет глаз от попадания пота.
- Веки имеют внутри соединительнотканые пластины, выполняют защитную функцию и обеспечивают равномерное распределение слезной жидкости.
- Конъюнктива – разновидность слизистой оболочки. Вырабатывает слезную жидкость.

ВНЕШНЕЕ СТРОЕНИЕ ГЛАЗА



МЫШЦЫ ГЛАЗА

Глазодвигательный нерв (III):

верхняя прямая, нижняя прямая, медиальная прямая, нижняя косая и мышца, поднимающая веко.

Отводящий нерв (VI):

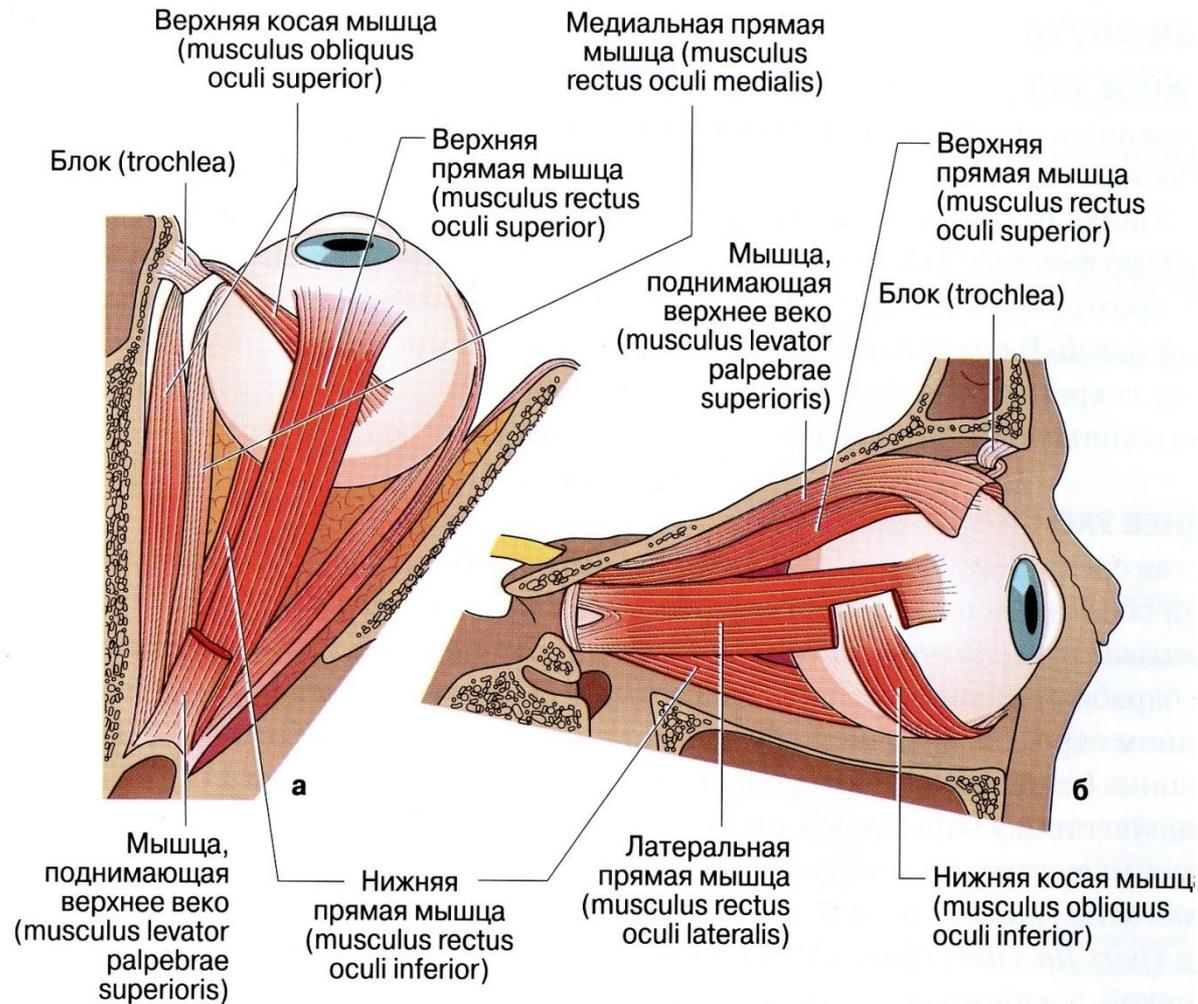
латеральная прямая.

Блоковый нерв (IV):

верхняя косая.

Все мышцы кроме нижней косой начинаются от общего сухожильного кольца, которое фиксировано к надкостнице в области зрительного канала.

Внешние глазные мышцы



Экстраокулярные мышцы правого глаза, вид сверху (а) и сбоку (б). удалена передняя часть мышцы, поднимающей верхнее веко (по Кале).

правый глаз



левый глаз



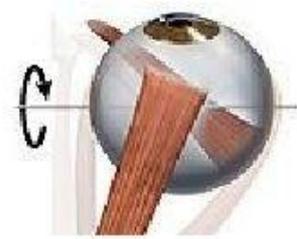
Движение каждого глаза осуществляется в трёх плоскостях.
 Движение одного глазного яблока называется дукцией. В зависимости от плоскости движения различают следующие виды движений глаза:



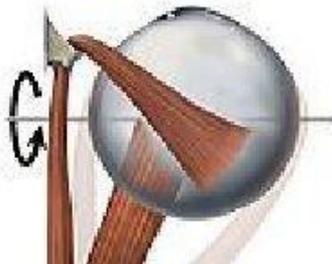
Аддукция — приведение (глаз поворачивается к носу). Её совершает медиальная прямая мышца



Абдукция — отведение (глаз поворачивается в сторону виска). Её совершает латеральная прямая мышца



Супрадукция или поднятие глаза кверху осуществляется верхней прямой мышцей



Инфрадукция или опускание глаза осуществляется нижней прямой мышцей



Инциклодукция - движение глаза в Y-плоскости, когда его верхняя окружность вследствие вращения приводится к носу — верхняя косая мышца



Эксциклодукция - противоположно инциклодукции. Верхняя окружность отводится к виску — нижняя косая мышца

ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ

- **Версионные** движения – оба глаза двигаются в одну и ту же сторону.
- **Вергентные** движения – глаза двигаются в разные стороны. Например, двигаются к носу – конвергенция, двигаются к виску – дивергенция (один налево, другой направо).

Слезный аппарат

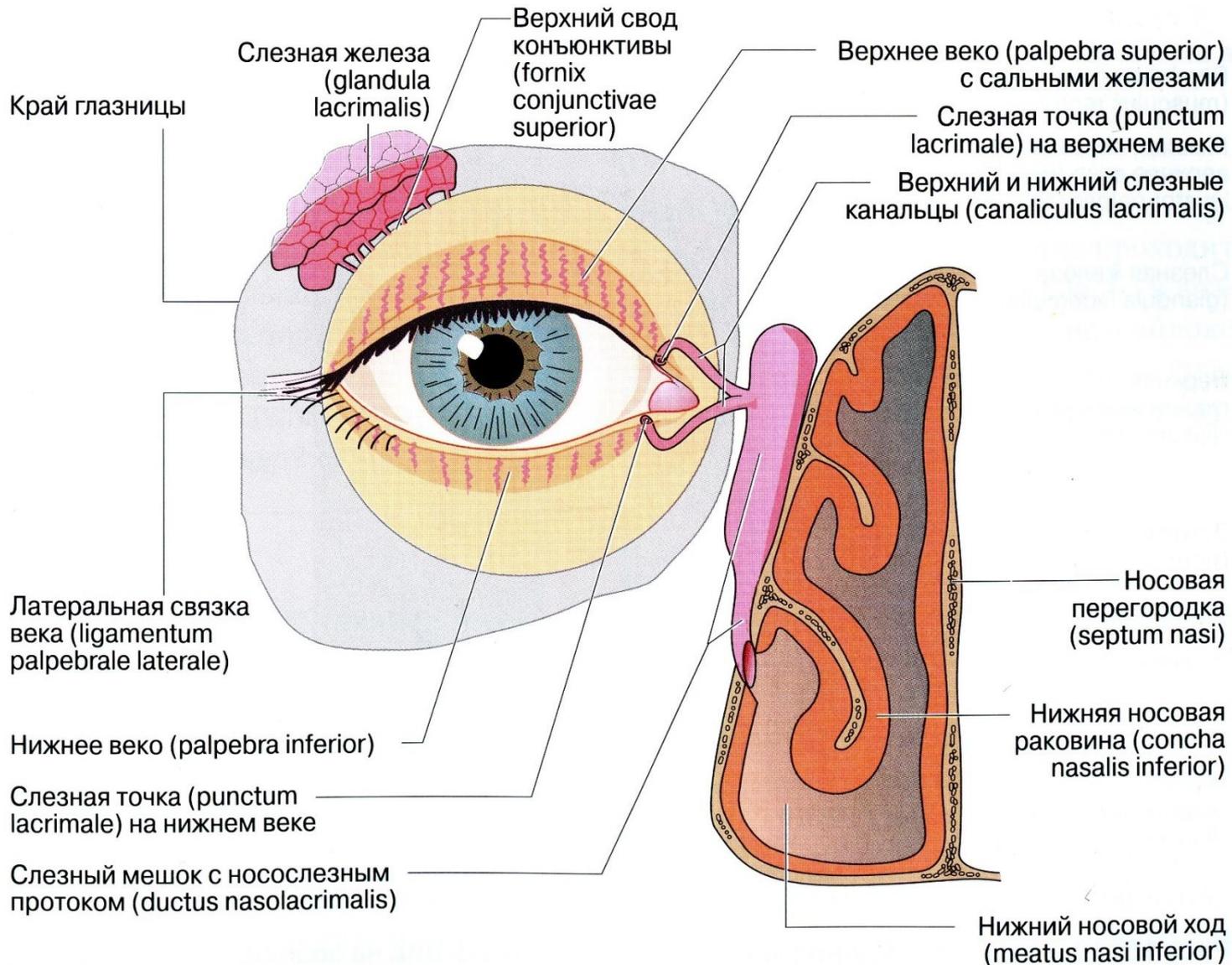
- Слезная железа продуцирует слезную жидкость, омывающую глаз.
- Протоки слезной железы
- Слезная жидкость выполняет трофическую, защитную и увлажняющую функции.
- Слезоотводящие пути
- Слезный мешок
- Слезная часть круговой мышцы глаза
- Носослезный канал который в носовую полость

Слёзы образуют на поверхности роговицы, склеры и конъюнктивы слёзную плёнку выполняющую защитную функцию. Кроме собственно слёз, секретиремых главной и добавочными слёзными железами, в образовании слёзной плёнки и слёзной жидкости из которой она состоит принимают участие и секреты расположенных на конъюнктиве век. В сутки выделяет 1-2 мл слезной жидкости.

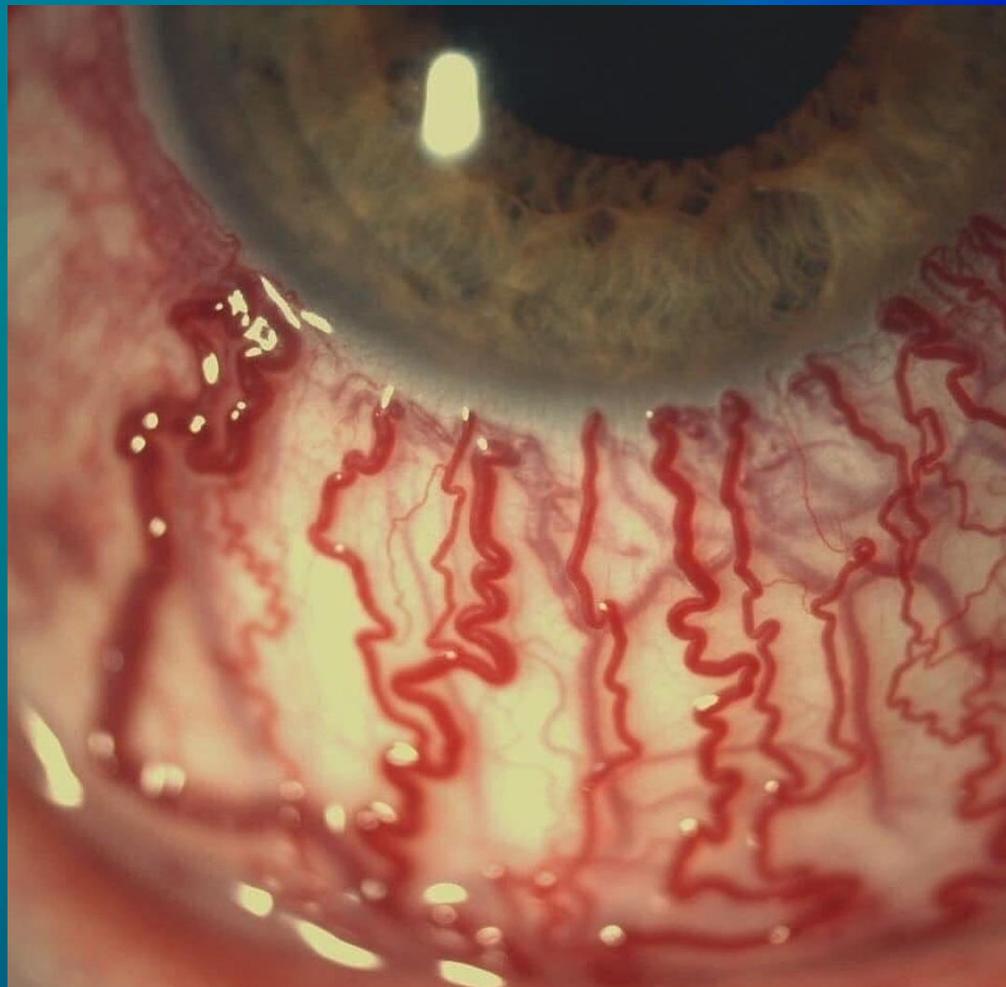
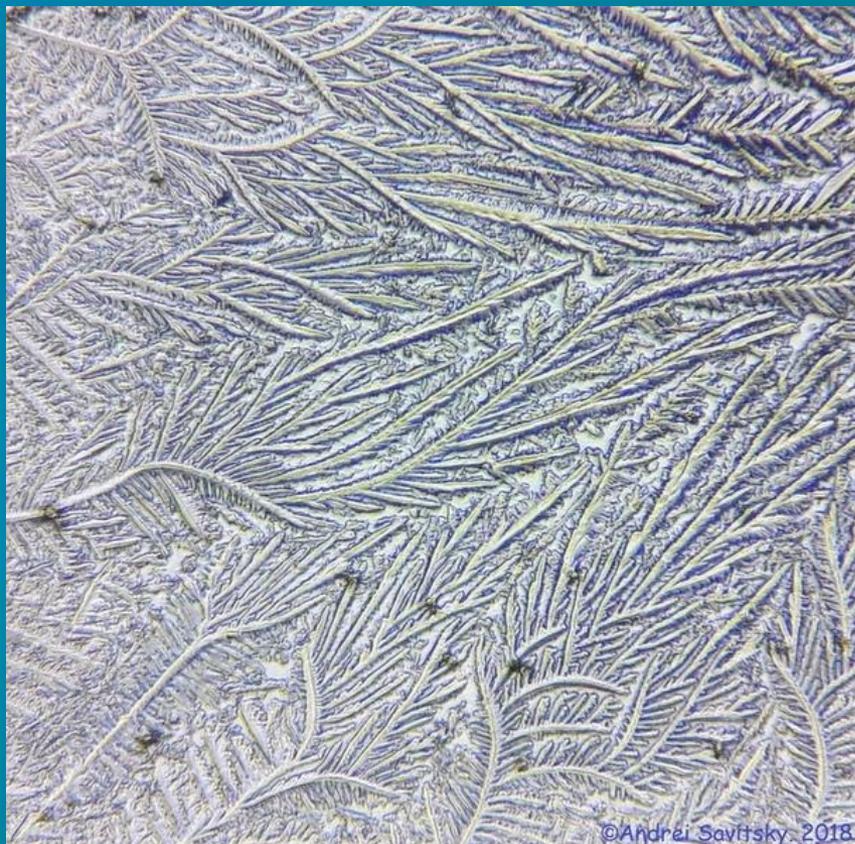
Слезы делят на физиологические и эмоциональные. Физиологические помогают удалять с поверхности глаза пыль и другие частицы, предохраняют глаз от химических агентов (например, при нарезке лука).

Эмоциональные участвуют в выделении стресс-гормонов и передает эмоциональное состояние.

Слезная железа



Высохшая слеза



Плачущий глаз

Дефекты зрительного поля

При исследовании глаза определяют зрительные поля обоих глаз. Если, например, поврежден левый зрительный нерв. То страдают оба зрительных поля данного глаза, что ведет к слепоте (амаврозу) левого глаза. Если же опухоль гипофиза сдавливает назальные аксоны двух зрительных нервов в том месте, где они переходят с одной стороны на другую в зрительном перекресте, то это ведет к слепоте в темпоральных зрительных полях обоих глаз (битемпоральная гемианопсия).

Повреждение левого зрительного тракта ведет к нарушению правого зрительного поля, известного как правая гомонимная гемианопия (слепота в темпоральном зрительном поле правого глаза и назальном зрительном поле левого глаза). Аналогичное расстройство зрения может также возникнуть вследствие разрушения левой зрительной лучистости.

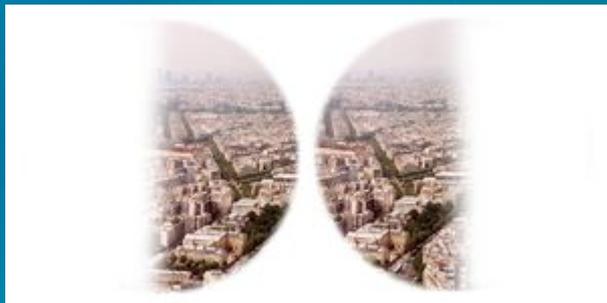
На следующем слайде показано какие поля зрения будут выпадать при повреждении различных структур мозга.



Полные поля зрения



с биназальной
гемианопсией



с битемпоральной
гемианопсией



с правой
одноименной
гемианопсией



с левой одноименной
гемианопсией

Визуальное поле
неравномерно. Оно не
является равномерным и
имеет максимальную
разрешающую способность в
его центральной части.

Адаптация к свету и темноте

Если выйти из темного места на солнце, происходит световая адаптация: зрительная система в течение секунд приспособливается к яркому освещению, уменьшая свою чувствительность. С другой стороны, когда вы входите в слабо освещенное помещение происходит темновая адаптация зрения, чувствительность медленно растет в течение нескольких минут (то есть надо «присмотреться»).

ДАЛЬТониЗМ

В колбочках имеются три пигмента (красный, зеленый и синий), которые помогают идентифицировать цвета. Людей с таким набором называют трихроматами. Если какой то пигмент находится в недостаточном количестве, нарушается восприятие цветов. Часто это обусловлено генетически и проявляется у мужчин, так как гены расположены в X-хромосоме. Если это приобретенный дальтонизм, то поражает один глаз (сетчатка, зрительный нерв).

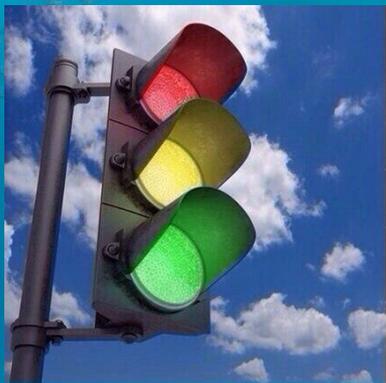
Если отсутствует один из зрительных пигментов, человек различает два цвета (дихромат).

Если активного одного из пигментов снижена говорят об аномальной трихроматии.

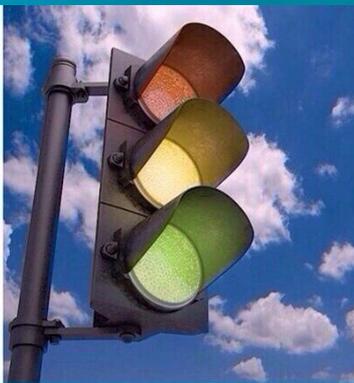
Дейтераномалия – состояние зрения, характеризующееся небольшим уменьшением чувствительности к волнам зеленого спектра. Встречается относительно часто (5.6% мужчин и 0,3-0,4% женщин). Протанопия – нет распознавания красного цвета (1% ♂ и 0,1% ♀).

Тританопия – не выделяют синий цвет из цветовой гаммы (менее 1%, мутация в 7-й хромосоме).

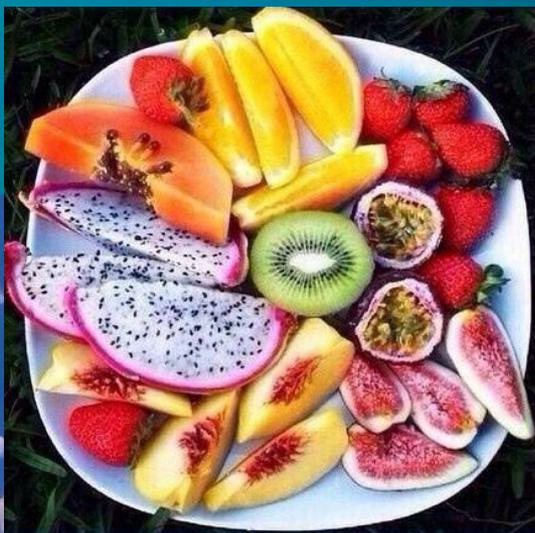
Ахроматопсия – полный дальтонизм, отсутствие цветового зрения.



НОРМА



ДЕЙТЕРАНОМАЛИЯ



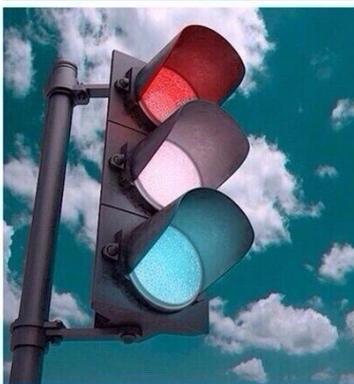
НОРМА



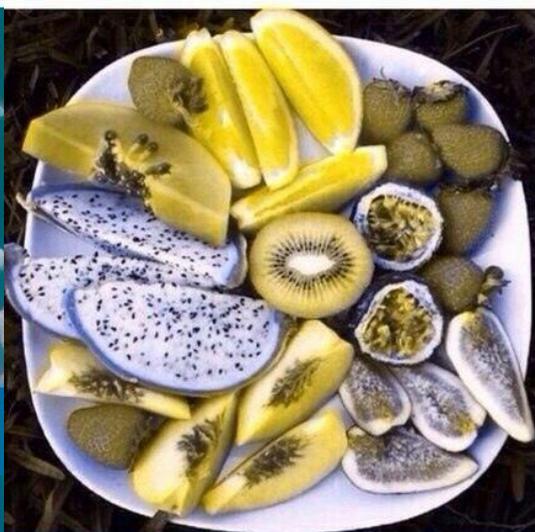
ДЕЙТЕРАНОМАЛИЯ



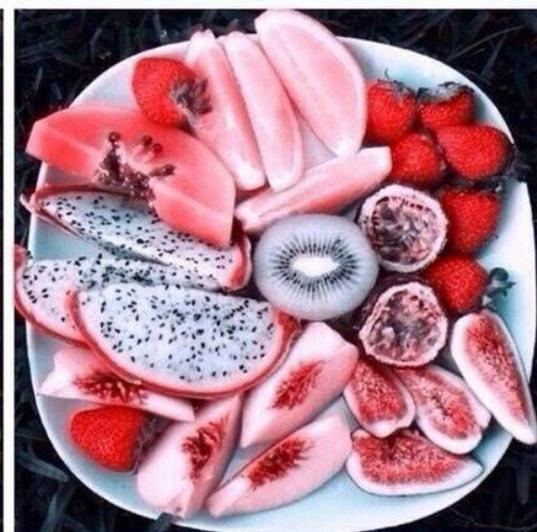
ПРОТАНОПИЯ



ТРИТАНОПИЯ

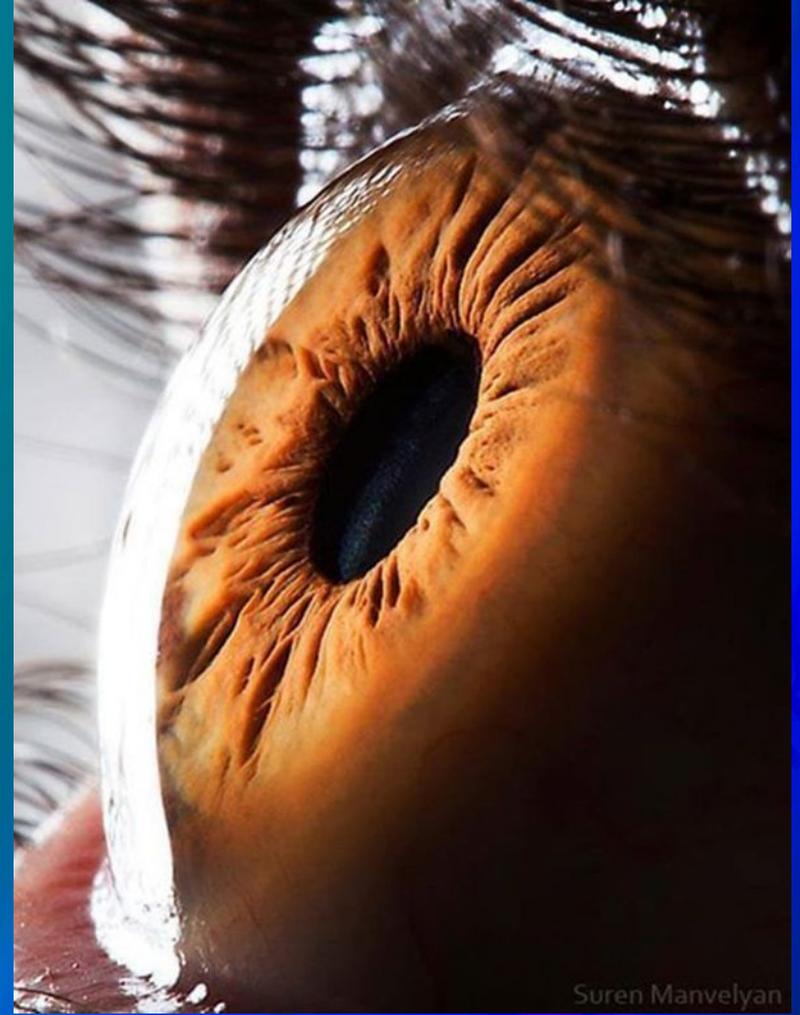
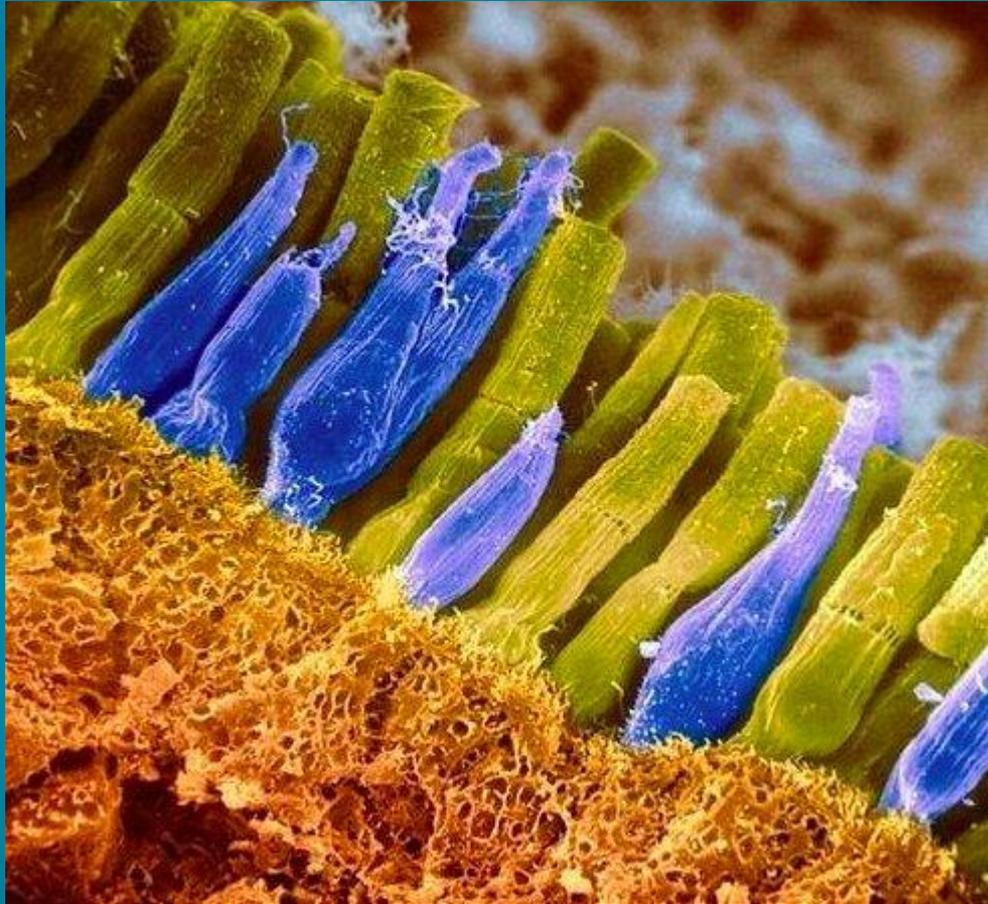


ПРОТАНОПИЯ



ТРИТАНОПИЯ

Палочки и колбочки



Suren Manvelyan

Радужка