

Структурно-функциональная организация зрительного анализатора

1. Строение органа зрения
2. Организация зрительного анализатора
3. Механизмы, обеспечивающие ясное видение
4. Теории цветового зрения

Вопрос 1

Строение органа зрения

Определение_1

Зрительный анализатор - это совокупность структур, воспринимающих видимую область спектра и формирующих зрительные ощущения.

С помощью зрительного анализатора человек воспринимается от 80 до 90% всей информации об окружающем мире. Благодаря деятельности зрительного анализатора человек различает освещенность предметов, их цвет, форму, величину, направление передвижения, расстояние, на которое они удалены от глаза и друг от друга. Все это позволяет оценивать пространство, ориентироваться в окружающем мире, выполнять различные виды целенаправленной деятельности.

Наряду с понятием зрительного анализатора существует понятие органа зрения.

Орган зрения — это глаз, включающий три различных в функциональном отношении элемента:

глазное яблоко, в котором расположены:

- световоспринимающий аппарат;
- светопреломляющий аппарат;
- светорегулирующий аппарат;

защитные приспособления:

- наружные оболочки глаза (склера и роговица);
- слезный аппарат;
- веки;
- ресницы и брови;

двигательный аппарат, представленный тремя парами глазных мышц, которые иннервируют III (глазодвигательный нерв), IV (блоковый нерв) и VI (отводящий нерв) пары черепных нервов:

- наружная и внутренняя прямые;
- верхняя и нижняя прямые;
- верхняя и нижняя косые.

Глазное яблоко имеет шаровидную форму, у него выделяют передний и задний полюсы.

Передний полюс - это наиболее выступающая точка роговицы (наружной оболочки глаза), задний полюс расположен около места выхода зрительного нерва. Соединяющая оба полюса условная линия называется *наружной осью глаза*, она равна примерно 24 мм. Кроме наружной оси глаза выделяют также *внутреннюю зрительную ось глаза*, проходящую от роговицы через середину хрусталика до центральной ямки.

Глазное яблоко состоит из внутреннего ядра, которое окружают три оболочки:

- наружная фиброзная,
- средняя сосудистая
- внутренняя сетчатая.

Наружная фиброзная оболочка подразделяется на заднюю часть – белочную оболочку, или *склеру* (0,3-0,6 мм), и прозрачную переднюю часть – роговицу. Через заднюю часть склеры из глазного яблока выходит зрительный нерв. В толще передней части склеры, у ее границы с роговицей, имеется круговой узкий канал — венозный синус склеры, в который оттекает жидкость из передней камеры глаза. Прозрачная роговица является выпукло-вогнутой линзой, через которую свет проникает внутрь глаза. Толщина роговицы достигает 0,8-0,3 мм в ее центре и до 1,1 мм — у ее границы со склерой. В роговице очень много нервных окончаний, обеспечивающих высокую ее чувствительность, и нет кровеносных сосудов.

Сосудистая оболочка глазного яблока расположена под склерой, у нее выделяют три части:

- собственно сосудистую оболочку,
- ресничное тело
- радужку.

Собственно сосудистая оболочка состоит из сети кровеносных сосудов и небольшого количества соединительной ткани. Кпереди собственно сосудистая оболочка переходит в утолщенное *ресничное тело* кольцевидной формы.

Ресничное тело, состоящее из различно направленных гладкомышечных пучков, участвует в аккомодации (приспособлении) глаза к видению предметов, расположенных на различном расстоянии.

От ресничного тела по направлению к хрусталику отходят 10-15 ресничных отростков, переходящих в волокна *ресничного пояса* (цинновой связки), прикрепляющихся к хрусталику. Ресничные отростки богаты кровеносными сосудами, из которых выделяется жидкость - водянистая влага, поступающая в заднюю камеру глаза. Ресничное тело кпереди продолжается в радужку.

Радужка представляет собой круглый диск с отверстием в центре (зрачок). Расположена радужка между роговицей спереди и хрусталиком

сзади. Она отделяет переднюю камеру глаза, ограниченную спереди роговицей, от задней камеры глаза, находящейся впереди от хрусталика. Край радужки переходит в ресничное тело. В толще радужки имеется две мышцы. Вокруг зрачка расположены мышечные клетки, которые образуют сфинктер (суживатель) зрачка. Наличие в радужке пигментных клеток, содержащих пигмент меланин, обуславливает цвет глаз - карий, черный (при наличии большого количества пигмента) или голубой, зеленоватый (если пигмента мало).

Внутри от сосудистой оболочки глаза располагается внутренняя (светочувствительная) оболочка глазного яблока - сетчатка. Сетчатка подразделяется на две части

- заднюю зрительную
- переднюю ресничную.

Ресничная часть покрывает сзади ресничное тело и не содержит светочувствительных клеток. Задняя зрительная часть сетчатки содержит светочувствительные палочковидные и колбочковидные клетки, имеющие форму палочек и колбочек.

Внутренние среды глазного яблока образованы

- хрусталиком,
- стекловидным телом,
- камерами глаза.

Хрусталик представляет собой прозрачную двояковыпуклую линзу диаметром около 9 мм, имеющую переднюю и заднюю поверхности. Хрусталик покрыт прозрачной капсулой. Вещество хрусталика бесцветное, прозрачное, плотное, сосудов и нервов не содержит. К хрусталику прикрепляются волокна ресничного пояса (цинновой связки). При натяжении связки в момент расслабления ресничной мышцы хрусталик уплощается, устанавливается на дальнее видение. При расслаблении связки во время сокращения ресничной мышцы выпуклость хрусталика увеличивается, он устанавливается на ближнее видение.

Определение_2

Аккомодацией глаза – это приспособление хрусталика к видению на различные расстояния

Стекловидное тело заполняет пространство между хрусталиком спереди и сетчаткой сзади. Оно представляет собой аморфное межклеточное вещество желеобразной консистенции. На передней поверхности стекловидного тела имеется ямка, к которой прилежит хрусталик.

Выделяют две камеры глаза - переднюю и заднюю, которые разделены радужкой и сообщаются между собой через зрачок. В камерах находится прозрачная жидкость – водянистая влага, которая вырабатывается капиллярами ресничных отростков и выделяется в заднюю камеру глаза, а из

задней камеры через зрачок оттекает в переднюю камеру. Задняя камера сообщается с пространствами между волокнами ресничной связки, отходящей к хрусталику от ресничных отростков. В углу передней камеры, образованном краем радужки и роговицы, имеются узкие щели, через которые водянистая влага оттекает в венозный синус склеры, а из него – в вены глазного яблока.

Благодаря оттоку водянистой влаги сохраняется равновесие между ее образованием и всасыванием, что и является условием поддержания внутриглазного давления.

Позади глазного яблока находится жировое тело глазницы, выполняющее роль эластичной подушки для глаза.

Веки защищают глазное яблоко спереди. Они представляют собой кожные складки, ограничивающие глазную щель и закрывающие ее при смыкании век. Нижнее веко при открывании глаз слегка опускается под действием силы тяжести. К верхнему веку подходит мышца, поднимающая верхнее веко, которая начинается вместе с прямыми мышцами. В толще век располагаются разветвленные слезные (мейбомиевы) железы, открывающиеся возле корней ресниц. Задняя поверхность век покрыта конъюнктивой, которая продолжается в конъюнктиву глаза.

Слезный аппарат глаза включает:

- слезную железу,
- слезные каналы,
- слезный мешок
- носослезный проток.

Слезная железа располагается в одноименной ямке. От 5 до 12 ее выводных канальцев открываются в верхний свод конъюнктивы. Слезная жидкость омывает глазное яблоко и увлажняет роговицу. Мигательные движения век прогоняют слезную жидкость в медиальный угол глаза, где на краях верхнего и нижнего века берут начало слезные каналы.

Верхний и нижний слезные каналы впадают в слезный мешок, который обращен слепым концом вверх. Нижняя часть слезного мешка переходит в носослезный проток, открывающийся в нижний носовой ход.

Вопрос 2

Организация зрительного анализатора

Рецепторный (периферический) отдел зрительного анализатора состоит из нейросекреторных фоточувствительных клеток, которые имеют форму палочек и колбочек. У человека насчитывается 6 – 7 млн колбочек и 110 – 125 млн палочек. Эти клетки входят в состав сетчатки глаза.

Различия функций колбочек и палочек лежит в основе феномена *двойственности зрения*. Палочки являются рецепторами, воспринимающими световые лучи в условиях слабой освещенности, т.е. бесцветное, или

ахроматическое, зрение. Колбочки же функционируют в условиях яркой освещенности и характеризуются разной чувствительностью к спектральным свойствам света (цветное или хроматическое зрение).

Фоторецепторы обладают очень высокой чувствительностью, что обусловлено особенностью строения рецепторов и физико-химических процессов, лежащих в основе восприятия энергии светового стимула.

В рецепторных клетках сетчатки осуществляются фотохимические процессы, возможные благодаря светочувствительным пигментам, которые обесцвечиваются на свету. В палочках на мембране наружных сегментов содержится пигмент **родопсин**, в колбочках – **йодопсин**. Имея сходство в фотохимических процессах, они различаются тем, что максимум поглощения находится в различных областях спектра. Палочки, содержащие родопсин, имеют максимум поглощения в области 500 нм.

Среди колбочек различают три типа, которые отличаются максимумами в спектрах поглощения:

- одни имеют максимум в синей части спектра (430 – 470 нм),
- другие в зеленой части спектра (500 – 530 нм),
- третьи – в красной (620 – 760 нм) части, что обусловлено наличием трех типов зрительных пигментов.

Красный колбочковый пигмент получил название «йодопсин». В процессе поглощения порции света (кванта) пигмент изменяет конформационную структуры. На свету происходит расщепление родопсина в палочках, который затем ресинтезируется в темноте.

При постоянном и равномерном освещении устанавливается равновесие между скоростью распада и восстановления пигментов. Когда количество света, падающего на сетчатку, уменьшается, это динамическое равновесие нарушается и сдвигается в сторону более высоких концентраций пигмента. Этот фотохимический феномен лежит в основе *темновой адаптации*.

Особое значение в фотохимических процессах имеет *пигментный слой сетчатки*, который образован эпителием, содержащим *фусцин*. Этот пигмент поглощает свет, препятствуя отражению и рассеиванию его, что обуславливает четкость зрительного восприятия. Отростки пигментных клеток окружают светочувствительные членики палочек и колбочек, принимая участие в обмене веществ фоторецепторов и в синтезе зрительных пигментов.

Вследствие фотохимических процессов в фоторецепторах глаза при действии света возникает *рецепторный потенциал*, который представляет собой *гиперполяризацию* мембраны рецептора. Это отличительная черта зрительных рецепторов, активация других рецепторов выражается в виде деполяризации их мембраны. Амплитуда зрительного рецепторного потенциала увеличивается при увеличении интенсивности светового стимула. Так, при действии красного цвета, длина волны которого составляет

620 – 760 нм, рецепторный потенциал более выражен в фоторецепторах центральной части сетчатки, а синего (430 – 470 нм) – в периферической части сетчатки.

Место выхода зрительного нерва из сетчатки не содержит фоторецепторов и называется слепым пятном. В сторону от слепого пятна в области центральной ямки находится участок наилучшего видения – желтое пятно, содержащее преимущественно колбочки. К периферии сетчатки число колбочек уменьшается, а число палочек возрастает, и периферия сетчатки содержит одни лишь палочки.

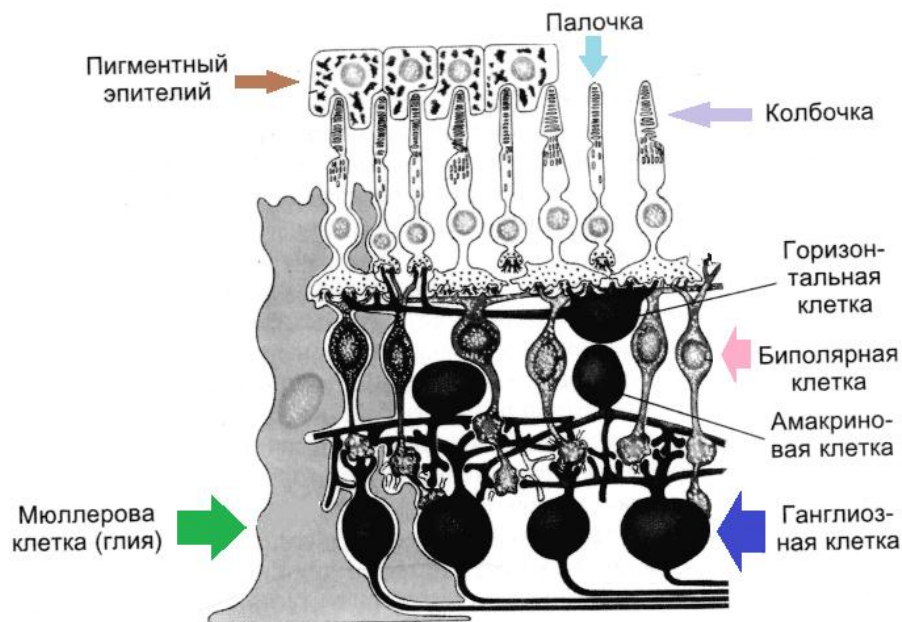


Рисунок 1 – Схема строения сетчатки (по данным электронной микроскопии)

Проводниковый отдел. Синаптические окончания фоторецепторов конвергируют на *биполярные* нейроны сетчатки, которые являются первый нейрон проводникового отдела зрительного анализатора. Аксоны биполярных клеток в свою очередь конвергируют на *ганглиозные клетки* (*второй нейрон*). В результате на каждую ганглиозную клетку приходится около 140 палочек и 6 колбочек.

В сетчатке кроме вертикальных существуют также латеральные (боковые) связи. Латеральное взаимодействие рецепторов осуществляется *горизонтальными клетками*. Биполярные и ганглиозные клетки взаимодействуют между собой за счет многочисленных контактов, образованных ответвлениями дендритов и аксонов самих клеток, а также с помощью *амакриновых клеток*.

Горизонтальные клетки сетчатки обеспечивают регуляцию передачи импульсов между фоторецепторами и биполярами, регуляцию цветовосприятия и адаптации глаза к различной освещенности.

Горизонтальные, а также амакриновые клетки называют *тормозными нейронами*, так как они обеспечивают латеральное торможение между биполярными или ганглиозными клетками.

Совокупность фоторецепторов, посылающих свои сигналы к одной ганглиозной клетке, образует ее *рецептивное поле*.

Аксоны ганглиозных клеток сетчатки формируют зрительные нервы и после частичного перекреста их волокна составляют зрительный тракт. Волокна зрительного тракта направляются к зрительному бугру (таламус), к метаталамусу (наружные коленчатые тела) и к ядрам подушки. Здесь расположены *третьи нейроны* зрительного анализатора. От них зрительные нервные волокна направляются в кору полушарий большого мозга.

В наружных (или латеральных) коленчатых телах, куда приходят волокна из сетчатки, есть рецептивные поля. На уровне наружных коленчатых тел происходит взаимодействие афферентных сигналов, идущих от сетчатки глаза, с эфферентными сигналами из области коркового отдела зрительного анализатора.

Центральный, или корковый, отдел зрительного анализатора расположен в затылочной доле, где расположена первичная проекционная область. В каждом участке первичной коры сконцентрированы нейроны, которые образуют *колонку*, вертикально проходящую через все клеточные слои, при этом происходит функциональное объединение нейронов, выполняющих сходную функцию. Разные свойства зрительных объектов (цвет, форма, движение) обрабатываются в разных частях зрительной коры большого мозга параллельно.

В зрительной коре существуют функционально различные группы клеток – простые и сложные. *Простые клетки* создают рецептивное поле, которое регистрирует возбуждение и торможение. *Сложные клетки* являются детекторами¹ угла, наклона и движения линий в поле зрения.

В одной колонке могут располагаться как простые, так и сложные клетки.

В зрительной коре часть нейронов образует концентрические цветоопponentные рецептивные поля. Цветовая опponentность РП проявляется в том, что нейрон, расположенный в центре, реагирует возбуждением на один цвет и тормозится при стимуляции другого цвета. Одни нейроны реагируют on-ответом² на красное освещение и off-ответом³ на зеленое, реакция других – обратная.

¹ Детектор – это нейрон, избирательно настроенный на определенный параметр сигнала

² - возбуждение

³ - торможение

Вопрос_3**Механизмы, обеспечивающие ясное видение**

Возможность явного видения объектов создает оптическая система глаза – диоптрический аппарат, который представляет собой неточно центрированную систему линз. Они отбрасывают перевернутое и сильно уменьшенное изображение окружающего мира на сетчатку. Переднюю, часть диоптрического аппарата составляют роговица, передняя камера и двояковогнутая линза хрусталик. Пространство внутри глаза позади хрусталика заполнено стекловидным телом. Эта субстанция прозрачная, как вода. При прохождении луча света через оптическую систему глаза происходит преломление. Преломляющая сила (рефракция) выражается в диоптриях (D):

$$ПС = 1/f, [D]$$

где f – фокусное расстояние, выраженное в метрах.

Определение_3

Одна диоптрия равна преломляющей силе линзы с фокусным расстоянием 100 см (1 м).

Фокус (от лат. *focus* – «очаг») оптической системы – точка, в которой пересекаются («фокусируются») первоначально параллельные лучи после прохождения через собирающую систему (линзу). Фокусное расстояние линзы – расстояние от оптического центра (точки, в которой сходятся лучи) линзы до ее главного фокуса. Линия, проходящая через центр глаза и середину роговицы, называется *главной оптической осью глаза*. При рассматривании предметов мы направляем всегда глаз так, чтобы лучи от предмета падали на желтое чувствительное пятно. Линия, проходящая через оптический центр глаза и середину желтого пятна, называется *осью зрения*.

Оптическую систему глаза человека можно рассматривать как систему собирающих линз, имеющих общую оптическую ось. Основные элементы оптической системы образованы роговицей и хрусталиком, между которыми расположена диафрагма – радужка. Радужка регулирует доступ света внутрь глазного яблока. При ярком освещении она увеличивает диаметр зрачка, а при слабом освещении увеличивает диаметр зрачка. Основной преломляющей поверхностью в этой системе является передняя поверхность роговицы и обе поверхности хрусталика. Роговица представляет собой вогнуто-выпуклую линзу, которая имеет постоянную преломления преломляющую силу 43,05 дптр. Хрусталик – это двояковыпуклая линза, сила преломления которой зависит от возраста и составляет от 19,11 до 33,06 дптр. Благодаря такому строению оптическая система глаза может менять

глубину резкости и воспринимать изображение внешних объектов в пределах пространства, ограниченного дальнейшей и ближайшей точками ясного видения. Дальнейшая точка соответствует состоянию аккомодации в покое, а вторая – при максимальном напряжении.

В 1909 году шведский физик Альвар Гулльстранд (Нобелевский лауреат по физиологии и медицине 1911 года) рассчитал, что суммарная преломляющая сила глаза составляет 58,64 дптр в покое аккомодации и 70,57 дптр при максимальном ее напряжении.

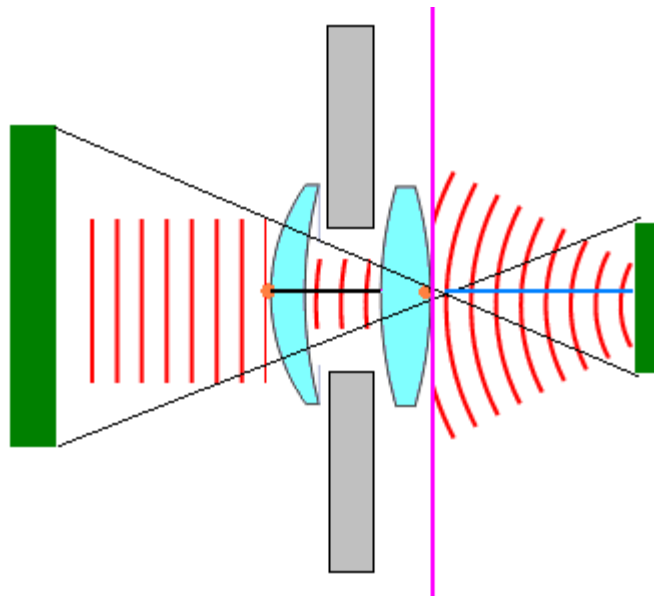


Рисунок 2 – Схема оптической системы глаза

Сила преломления (рефракция) может изменяться в зависимости от удаленности предмета. Для получения четкого изображения предмета расположенного на каком-либо расстоянии оптическая система должна быть перефокусирована, что возможно благодаря изменению преломляющей силы хрусталика. Усиление рефракции при фокусировании более близкой точки называется аккомодацией на ближнюю точку, а ее снижение на дальнюю точку.

Усиление рефракции хрусталика на ближнюю точку достигается увеличением кривизны его поверхности (хрусталик становится более выпуклым (округлым) – фокусное расстояние сокращается). Изменение кривизны хрусталика при аккомодации на ближнюю точку происходит благодаря сокращению ресничной мышцы и сжатию сумки хрусталика. В состоянии аккомодации на дальнюю точку ресничная мышца находится в расслабленном состоянии, при этом хрусталик становится более плоским (вытянут в направлении вертикальной оси).

Таким образом, если человек с нормальным зрением рассматривает страницу книги, которую держит на расстоянии 30 см от глаз, рефракция увеличивается (хрусталик принимает округлую форму) на $1/0,3 \text{ м} = 3,3 \text{ D}$.

Если переместить книгу на расстояние 50 см, рефракция уменьшается (хрусталик уплощается) до 2 D. Поэтому изображение предмета на сетчатке уменьшается с увеличением расстояния предмета. Лучи, проходящие через оптический центр и конечные точки предмета, образуют угол зрения.

При рассмотрении объектов, находящихся на разном удалении от наблюдателя, ясному видению способствуют следующие процессы.

1. Конвергенционные и дивергенционные движения глаз, благодаря которым осуществляется сведение или разведение зрительных осей.

2. Реакция зрачка, которая происходит синхронно с движением глаз. При конвергенции зрительных осей, когда рассматриваются близко расположенные предметы, происходит сужение зрачка, т. е. конвергентная реакция зрачков.

Конвергентная реакция способствует уменьшению искажения изображения, вызываемого сферической аберрацией.

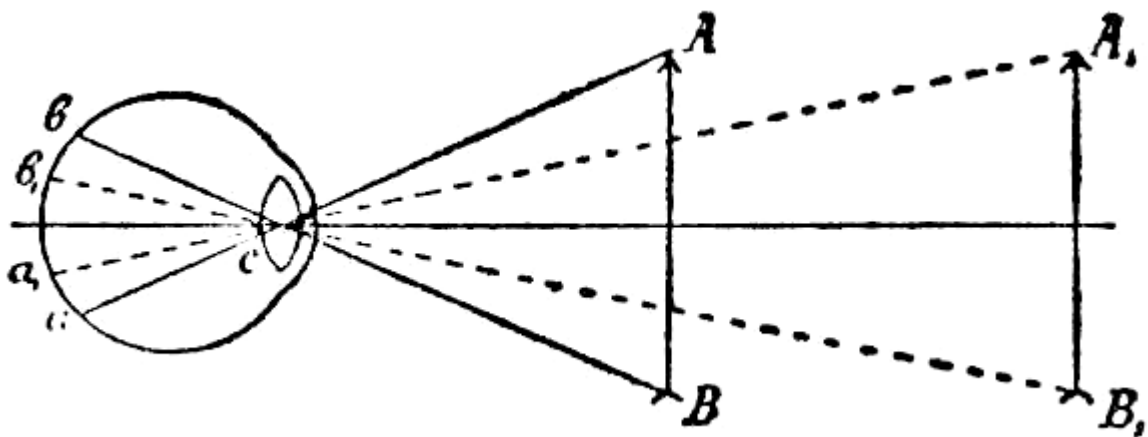


Рисунок 3 – Схема реакции зрачка

Сферическая аберрация обусловлена тем, что преломляющие среды глаза имеют неодинаковое фокусное расстояние в разных участках. Центральная часть, через которую проходит оптическая ось, имеет большее фокусное расстояние, чем периферическая часть. Поэтому изображение на сетчатке получается нерезким. Чем меньше диаметр зрачка, тем меньше искажения, вызываемые сферической аберрацией. Конвергентные сужения зрачка включают в действие аппарат аккомодации, обуславливающий увеличение преломляющей силы хрусталика.

Зрачок является также аппаратом устранения *хроматической аберрации*, которая обусловлена тем, что оптический аппарат глаза, как и простые линзы, преломляет свет с короткой волной сильнее, чем с длинной волной. Исходя из этого, для более точной фокусировки предмета красного цвета требуется большая степень аккомодации, чем для синего цвета.

Именно поэтому синие предметы кажутся более удаленными, чем красные, будучи расположенными на одном и том же расстоянии.

3. Аккомодация является главным механизмом, обеспечивающим ясное видение разноудаленных предметов, и сводится к фокусированию изображения от далеко или близко расположенных предметов на сетчатке. Основным механизмом аккомодации заключается в произвольном изменении кривизны хрусталика глаза.

Благодаря изменению кривизны хрусталика, особенно передней поверхности, его преломляющая сила может меняться в пределах 10–14 диоптрий. Хрусталик заключен в капсулу, которая по краям (вдоль экватора хрусталика) переходит в фиксирующую хрусталик связку (циннова связка), в свою очередь, соединенную с волокнами ресничной (цилиарной) мышцы. При сокращении цилиарной мышцы натяжение цинновых связок уменьшается, а хрусталик вследствие своей эластичности становится более выпуклым. Преломляющая сила глаза увеличивается, и глаз настраивается на видение близко расположенных предметов.

Когда человек смотрит вдаль, циннова связка находится в натянутом состоянии, что приводит к растягиванию сумки хрусталика и его утолщению.

Иннервация цилиарной мышцы осуществляется симпатическими и парасимпатическими нервами. Импульсы, поступающие по парасимпатическим волокнам глазодвигательного нерва, вызывает сокращение мышцы.

Симпатические волокна, отходящие от верхнего шейного узла, вызывают ее расслабление.

Изменение степени сокращения и расслабления цилиарной мышцы связано с возбуждением сетчатки и находится под влиянием коры головного мозга.

4. При рассматривании неподвижного предмета для обеспечения ясного видения глаз совершает три типа мелких произвольных движений:

- *тремор* – дрожание глаза с небольшой амплитудой и частотой;
- *дрейф* – медленное смещение глаза на довольно значительное расстояние;
- *скачки (флики)* – быстрые движения глаз;
- *саккадические движения (саккады)* – содружественные движения обоих глаз, совершаемые с большой скоростью.

Наблюдаются саккады при чтении, просмотривании картин, когда обследуемые точки зрительного пространства находятся на одном удалении от наблюдателя и других объектов.

Если заблокировать эти движения глаз, то окружающий нас мир вследствие адаптации рецепторов сетчатки станет трудно различимым, каким он является у лягушки. Глаза лягушки неподвижны, поэтому она хорошо различает только *движущиеся предметы*, например бабочек. Именно поэтому лягушка приближается к змее, которая постоянно выбрасывает

наружу свой язык. Находящуюся в состоянии неподвижности змею лягушка не различает, а ее движущийся язык принимает за летающую бабочку.

5. В условиях изменения освещенности ясное видение обеспечивают зрачковый рефлекс, темновая и световая адаптация.

Зрачок регулирует интенсивность светового потока, действующего на сетчатку, путем изменения своего диаметра. Ширина зрачка может колебаться от 1,5 до 8,0 мм.

Сужение зрачка (*миоз*) происходит при увеличении освещенности, а также при рассматривании близко расположенного предмета и во сне.

Расширение зрачка (*мидриаз*) происходит при уменьшении освещенности, а также при возбуждении рецепторов, любых афферентных нервов, при эмоциональных реакциях напряжения, связанных с повышением тонуса симпатического отдела нервной системы (боль, гнев, страх, радость и т.д.), при психических возбуждениях (психозы, истерии и т.д.), при удушье, наркозе.

Зрачковый рефлекс при изменении освещенности хотя и улучшает зрительное восприятие, однако главным механизмом все же является темновая и световая адаптация.

Темповая адаптация выражается в повышении чувствительности зрительного анализатора (сенситизация), световая адаптация – в снижении чувствительности глаза к свету. Основу механизмов световой и темновой адаптации составляют фотохимические процессы, расщепления на свету, и ресинтеза в темноте, фоточувствительных пигментов, а также включение и выключение из деятельности рецепторных элементов сетчатки.

При нормальной рефракции глаза лучи от далеко расположенных предметов после прохождения через светопреломляющую систему глаза собираются в фокусе на сетчатке в центральной ямке. Нормальная рефракция глаза носит название *эмметропия*.

Наряду с нормальной рефракцией наблюдаются ее аномалии.

Миопия (близорукость) – это вид нарушения рефракции, при котором лучи от предмета после прохождения через светопреломляющий аппарат фокусируются не на сетчатке, а впереди нее. Это может зависеть от большой преломляющей силы глаза или от большой длины глазного яблока. Близкие предметы близорукий видит без аккомодации, отдаленные предметы видит неясными, расплывчатыми. Для коррекции применяются очки с рассеивающими двояковогнутыми линзами.

Гиперметропия (дальнозоркость) – это вид нарушения рефракции, при котором лучи от далеко расположенных предметов в силу слабой преломляющей способности глаза или при малой длине глазного яблока фокусируются за сетчаткой. Даже удаленные предметы дальнозоркий глаз видит с напряжением аккомодации, вследствие чего развивается гипертрофия аккомодационных мышц. Для коррекции применяют двояковыпуклые линзы.

Астигматизм – это вид нарушения рефракции, при котором лучи не могут сходиться в одной точке, в фокусе (от греч. *stigma* – точка), обусловлен различной кривизной роговицы и хрусталика в различных меридианах (плоскостях). При астигматизме предметы кажутся сплюснутыми или вытянутыми, его коррекцию осуществляют сфероцилиндрическими линзами.

Вопрос_4

Теории цветового зрения

Определение_4

Цветовое зрение – это способность зрительного анализатора реагировать на изменения длины световой волны с формированием ощущения цвета.

Определенной длине волны электромагнитного излучения соответствует ощущение определенного цвета. Так, ощущение красного цвета соответствует действию света с длиной волны в 620 – 760 нм, а фиолетового - 390 – 450 нм, остальные цвета спектра имеют промежуточные параметры. Смещение всех цветов дает ощущение белого цвета.

В результате смешения трех основных цветов спектра – красного, зеленого, сине-фиолетового – в разном соотношении можно получить восприятие любых других цветов.

Ощущение цветов связано с освещенностью. По мере ее уменьшения сначала перестают различаться красные цвета, позднее всех – синие. Восприятие цвета обусловлено в основном процессами, происходящими в фоторецепторах.

Наибольшим признанием пользуется трехкомпонентная теория цветоощущения Ломоносова – Юнга – Гельмгольца – Лазарева, согласно которой в сетчатке глаза имеются три вида фоторецепторов – колбочек, раздельно воспринимающих красный, зеленый и сине-фиолетовые цвета. Комбинации возбуждения различных колбочек приводят к ощущению различных цветов и оттенков. Равномерное возбуждение трех видов колбочек дает ощущение белого цвета. Трехкомпонентная теория цветового зрения получила свое подтверждение в электрофизиологических исследованиях Р. Гранита (1947). Три типа цветочувствительных колбочек были названы *модуляторами*, колбочки, которые возбуждались при изменении яркости света (четвертый тип), были названы *доминаторами*.

Несмотря на убедительные аргументы трехкомпонентной теории в физиологии цветового зрения описаны факты, которые не находят объяснения с этих позиций. Это дало возможность выдвинуть теорию противоположных, или контрастных, цветов, т.е. создать так называемую *оппонентную теорию цветного зрения* Эвальда Геринга.

Согласно этой теории, в глазу и/или в мозге существуют три opponentных процесса:

- один – для ощущения красного и зеленого,
- второй – для ощущения желтого и синего,
- третий – качественно отличный от двух первых процессов – для черного и белого.

Эта теория применима для объяснения передачи информации о цвете в последующих отделах зрительной системы: ганглиозных клетках сетчатки, наружных колленчатых телах, корковых центрах зрения, где функционируют цветоопponentные РП с их центром и периферией.

Таким образом, на основании полученных данных можно полагать, что процессы в колбочках более соответствуют трехкомпонентной теории цветоощущения, тогда как для нейронных сетей сетчатки и вышележащих зрительных центров подходит теория контрастных цветов Геринга.

Наблюдаются аномалии цветового зрения, которые могут проявляться в виде частичной или полной цветовой слепоты. Людей, вообще не различающих цвета, называют *ахроматами*. Частичная цветовая слепота имеет место у 8 – 10% мужчин и 0,5% женщин. Полагают, что цветослепота связана с отсутствием у мужчин определенных генов в половой непарной X-хромосоме. Различаются три вида частичной цветослепоты:

- *протанопия* (дальтонизм) – слепота в основном на красный цвет. Этот вид цветослепоты впервые был описан в 1794 году физиком Дж. Дальтоном, у которого наблюдался этот вид аномалии. Людей с таким видом аномалии называют «краснослепыми»;

- *дейтеранопия* – понижение восприятия зеленого цвета. Таких людей называют «зеленослепыми»;

- *тританопия* – редко встречающаяся аномалия. При этом люди не воспринимают синий и фиолетовый цвета, их называют «фиолетовослепыми».

С точки зрения трехкомпонентной теории цветового зрения каждый из видов аномалии является результатом отсутствия одного из трех колбочковых цветовоспринимающих субстратов. Для диагностики расстройства цветоощущения пользуются цветными таблицами Е. Б. Рабкина, а также специальными приборами, получившими название *аномалоскопов*. Выявление различных аномалий цветового зрения имеет большое значение при определении профессиональной пригодности человека для различных видов работ (шофера, летчика, художника и др.).

Возможность оценки длины световой волны, проявляющаяся в способности к цветоощущению, играет существенную роль в жизни человека, оказывая влияние на эмоциональную сферу и деятельность различных систем организма. Красный цвет вызывает ощущение тепла, действует возбуждающе на психику, усиливает эмоции, но быстро утомляет, приводит к напряжению мышц, повышению артериального давления,

учащению дыхания. Оранжевый цвет вызывает чувство веселья и благополучия, способствует пищеварению. Желтый цвет создает хорошее, приподнятое настроение, стимулирует зрение и нервную систему. Это самый «веселый» цвет. Зеленый цвет действует освежающе и успокаивающе, полезен при бессоннице, переутомлении, понижает артериальное давление, общий тонус организма и является самым благоприятным для человека. Голубой цвет вызывает ощущение прохлады и действует на нервную систему успокаивающе, причем сильнее зеленого (особенно благоприятен голубой цвет для людей с повышенной нервной возбудимостью), больше, чем при зеленом цвете, понижает артериальное давление и тонус мышц. Фиолетовый цвет не столько успокаивает, сколько расслабляет психику. Создается впечатление, что человеческая психика, следуя вдоль спектра от красного к фиолетовому, проходит всю гамму эмоций. На этом основано использование теста Люшера для определения эмоционального состояния организма.