содержание

ВВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ 1. Общие сведения

РАЗДЕЛ 2. Оптические недостатки глаза и аномалии рефракции

РАЗДЕЛ 3. Аккомодация

ВЫВОДЫ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Глаз - орган зрения, воспринимающий свет. Нервные импульсы, идущие от глаза, передаются по зрительному нерву в головной мозг. В точке, называемой зрительным перекрестком или хиазмой, зрительные нервы сливаются, разделяясь при этом на две части: внутреннюю, идущую от носовой половины сетчатки, и наружную, идущую от височной половины. Внутренние части нервов перекрещиваются, и каждая из них входит в противоположную часть мозга (совместно с наружной частью зрительного нерва от другого глаза). В результате этого ветвления и перекреста импульсы от левой стороны обоих глаз попадают в левое полушарие, а импульсы от правой стороны - в правое. В зрительной коре головного мозга импульсы от обоих глаз интерпретируются как зрительные образы.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Орган зрения человека состоит из глазного яблока, зрительного нерва и вспомогательных аппаратов (мышцы, глазницы, фасции, веки с ресницами, слезный аппарат, сосуды и нервы). Все это располагается в глазнице (рис. 1).



Рис. 1. Схема горизонтального сечения правого глаза

То, что воспринимается зрением, есть результат взаимодействия сенсорных и двигательных механизмов глаза и ЦНС, поскольку как произвольные, так и непроизвольные движения глаз, головы и тела заставляют изображение окружающего мира на сетчатке смещаться каждые 200-600 мс. Наш мозг создает целостную и непрерывную картину окружающего из последовательности дискретных изображений на сетчатке, которые слегка различны в левом и правом глазах (по законам геометрической оптики) и измеряются от одного момента фиксации взгляда к другому. Несмотря на смещение этих изображений, мы видим неподвижные предметы именно неподвижными, расположенными под одними и теми же углами к нам, т. е. в устойчивой системе координат.

Оптическая система глаза представляет собой неточно центрированную сложную систему линз, формирующую на сетчатке перевернутое и уменьшенное изображение внешнего мира. Диоптрический аппарат состоит из прозрачной роговицы, передней и задней камер, заполненных водянистой жидкостью, радужной оболочки, окружающей зрачок, хрусталика, окруженного прозрачной сумкой и стекловидного тела, занимающего большую часть глазного яблока (см. рис. 17.49). Стекловидное тело - это прозрачный гель, состоящий из внеклеточной жидкости с коллагеном и гиалуроновой кислотой в коллоидном растворе. В задней части глаза его внутренняя поверхность выстлана сетчаткой. Промежуток между сетчаткой и плотной склерой, окружающей глазное яблоко, заполнен сетью кровеносных сосудов - сосудистой оболочкой.

Глазное яблоко. В нем выделяют передний и задний полюсы. Передний полюс - это наиболее выступающая точка роговицы, задний расположен латерально от места выхода зрительного нерва.

Глазное яблоко состоит из ядра, покрытого тремя оболочками: фиброзной, сосудистой и внутренней, или сетчаткой (см. рис. 17.49). Масса глазного яблока составляет в среднем 2,2 г, его объем 3,25 см3, продольный диаметр 17,3 мм, поперечный - 16,7 мм. До двухлетнего возраста глазное яблоко увеличивается на 40% по сравнению с первоначальной величиной у новорожденного, в 5 лет - на 70%, у взрослого - в 3 раза.

Снаружи глазное яблоко покрыто фиброзной оболочкой, которая подразделяется на задний отдел - склеру и прозрачный передний - роговицу. Склера - плотная соединительно-тканная оболочка толщиной 03-0,4 мм в задней части, 0,6 мм вблизи роговицы. Сзади на склере находится решетчатая пластинка, участок, через который проходят волокна зрительного нерва.

Роговица - прозрачная выпуклая пластинка блюдцеобразной формы. Толщина роговицы в центре около 1 -1,1 мм, по периферии 0,8-0,9 мм. Роговица состоит из пяти слоев: передний эпителий, затем передняя пограничная пластинка, собственное вещество (роговицы), задняя пограничная пластинка, задний эпителий (эндотелий роговицы).

Диапазон напряжений в роговице при внутриглазном давления 2,72-Ю3 Па находится в пределах 1 - 1,2·105 Па, в склере - 1,6- 1,7·105 Па. Соответственно этим значениям напряжений модуль нормальной упругости для радиального направления роговицы будет равен 3,8-4,5·106 Па, для окружного направления - 2,8- 3,4-10б Па, для склеры - 5,1-5,4·106 Па.

Определение в процессе исследования значения коэффициента Пуассона при внутриглазном давлении 2,72 кПа составило для склеры 0,33-0,35.

Сосудистая оболочка глазного яблока (хориоидеа) расположена под склерой, толщина ее 0,1-0,22 мм, она богата кровеносными сосудами, состоит из трех частей: собственно сосудистой оболочки, ресничного тела и радужки.

Внутренняя (светочувствительная) оболочка глазного яблока - сетчатка, на всем протяжении прилежит изнутри к сосудистой оболочке. Она состоит из двух листков: внутреннего - светочувствительного (нервная часть) и наружного - пигментного. Сетчатка делится на две части - заднюю зрительную и переднюю (ресничную и радужную). Последняя не содержит светочувствительных клеток (фоторецепторов).

Хрусталик - прозрачная двояковыпуклая линза диаметром около 9 мм, имеющая переднюю и заднюю поверхности, которые переходят одна в другую в области экватора. Линия, соединяющая наиболее выпуклые точки обеих поверхностей (полюсы), называется осью хрусталика, ее размеры колеблются в пределах 3,7-4,4 мм в зависимости от степени аккомодации. Коэффициент преломления хрусталика в поверхностных слоях равен 1,32, в центральных - 1,42.

Хрусталик как бы подвешен на ресничном пояске (цинковой связке) между волокнами которого расположены пространства пояска (петинов канал), сообщающийся с камерами глаза. При натяжении связки (расслабление ресничной мышцы) хрусталик уплощается (установка на дальнее видение), при расслаблении связки (сокращение ресничной мышцы) выпуклость хрусталика увеличивается (установка на ближнее видение).

Стекловидное тело заполняет пространство между сетчаткой сзади, хрусталиком и задней строкой ресничного пояска спереди. Оно представляет собой аморфное межклеточное вещество желеобразной консистенции, его индекс светопреломления - 1,334. На передней поверхности стекловидного тела имеется ямка, в которой располагается хрусталик.

Камеры глаза. Радужка разделяет пространство между роговицей, с одной стороны, и хрусталиком с цинновой связкой и ресничным телом с другой, на две камеры - переднюю и заднюю, которые играют важную роль в циркуляции водянистой жидкости внутри глаза. Водянистая жидкость имеет очень низкую вязкость, она содержит около 0,02% белка. Благодаря отсутствию фибриногена она не свертывается.Обе камеры сообщаются между собой через зрачок.

Благодаря циркуляции водянистой жидкости сохраняется равновесие между ее секрецией и всасыванием, что является фактором стабилизации внутриглазного давления. Как было описано ранее, глазное яблоко снаружи покрыто плотной фиброзной оболочкой, которая создает внутриглазное давление в пределах 20-25 мм рт. ст. (2666-3333 Па).

Итак, световые лучи проходят через роговицу, водянистую жидкость передней камеры, зрачок, который в зависимости от интенсивности света то расширяется, то сужается, водянистую жидкость задней камеры, хрусталик, стекловидное тело и, наконец, попадает на сетчатку. При этом пучок света направляется благодаря светопреломляющим средам (и в первую очередь - аккомодации хрусталика) на желтое пятно сетчатки, являющееся зоной наилучшего видения.

Вспомогательные органы глаза. Глазное яблоко у человека может вращаться так, чтобы на рассматриваемом предмете сходились зрительные оси обоих глазных яблок. Различают шесть глазодвигательных мышц: четыре прямые (верхняя, нижняя, медиальная, латеральная) и две косые (верхняя и нижняя) поперечнополосатые мышцы составляют двигательный аппарат глаза.

Зрачковые реакции осуществляются с помощью двух систем гладких мышц в радужной оболочке. При сокращении кольцевой мышцы-сфинктера зрачок сужается (миоз); при сокращении мышцы-дилататора, волокна которой проходят в радужной оболочке дидиально, он расширяется (мидриаз). Сфинктер иннервируется парасимпатическими нервными волокнами, а дилататор, напротив, иннервируется симпатическими нервными волокнами.

Зрачковые реакции - важные диагностические признаки, по которым можно выявить поражения сетчатки, зрительного нерва, ствола мозга (глазодвигательные зоны), шейного отдела спинного мозга, а также областей, через которые проходят пре- и постганглионарные зрачководвигательные волокна (глубинных слоев шеи и др.).

Веки защищают глазное яблоко спереди. Они представляют собой кожные складки, ограничивающие глазную щель и закрывающие ее при смыкании век.

Слезный аппарат включает слезную железу и систему слезных путей.

Проводящий путь зрительного анализатора. При попадании света на палочки и колбочки - отростки первых нейронов - генерируется нервный импульс, который передается биполярным нейроцитам (II нейроны), от них оптикокоганглиозным нейроцитам (III нейроны). Аксоны последних формируют зрительный нерв, который выходит из глазницы через канал зрительного нерва.

Таким образом, в ответ на попадание световых волн в глаз зрачок сужается, а глазные яблоки поворачиваются в направлении пучка света.

Под действием света в высокосветочувствительных клетках6 происходят сложные физико-химические процессы, в результате которых в клетке генерируется нервный импульс, который через зрительный нерв передается в мозг. Совместное действие палочек и колбочек осуществляет процесс зрения.

Для создания на сетчатке четкого изображения предметов, удаленных от глаза на различные расстояния, фокусное расстояние оптической системы в глазу должно изменяться. Это достигается изменением радиусов кривизны поверхностей хрусталика. Свойство глаза приспосабливаться к расстоянию, на котором находятся рассматриваемые предметы, называется аккомодацией. Аккомодация происходит непроизвольно с помощью сокращения или растяжения циллиарной мышцы (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Аккомодация.

Если, не напрягая глаз, смотреть на близко расположенный предмет, то его изображение будет проецироваться позади сетчатки (а). В результате аккомодации преломляющая сила глаза увеличивается и четкое изображение строится в области сетчатки (б)

Величина изображения S'S'1 предмета SS1, на сетчатке определяется углом зрения (рис. 1.2), вершина которого находится в оптическом центра глаза, а лучи направлены на крайние точки предмета.



Рис. 1.2. Определение угла зрения

Расстоянием наилучшего зрения Д называется такое расстояние от предмета до глаза, при котором ? оказывается максимальным при условии, что напряжение аккомодации невелико и глаз не устает. Для нормального глаза Д 25 см. Нормальным считается глаз с хорошо сохранившейся способностью к аккомодации. С возрастом способность к аккомодации постепенно уменьшается.

РАЗДЕЛ 2. ОПТИЧЕСКИЕ НЕДОСТАТКИ ГЛАЗА И АНОМАЛИИ РЕФРАКЦИИ

У многих людей изображение на сетчатке всегда получается нечетким. Это бывает связано либо с необычной формой глазного яблока, либо с неправильной кривизной роговицы или хрусталика.

Близорукость, или миопия - осевая длина глазного яблока больше, удаленные объекты невозможно точно сфокусировать, поскольку фокальная плоскость находится перед центральной ямкой. Чтобы хорошо видеть вдали, близоруким людям нужны очки с вогнутыми линзами (рис. 1.3).



Рис. 1.3 Миопия (близорукость) и ее коррекция с помощью вогнутой линзы. Для наглядности длина глазного яблока преувеличена «осевая миопия»

Дальнозоркость (гиперопия, или гиперметропия) - при обычной преломляющей силе диоптрического аппарата глаза его осевая длина слишком мала. У него недостаточен диапазон аккомодации для точной фокусировки на сетчатке изображения близко расположенных объектов. Чтобы компенсировать этот недостаток, требуются очки с выпуклыми линзами (рис. 1.4).

глаз рефракция зрение гиперметропия



Рис. 1.4. Гиперметропия (дальнозоркость) и ее коррекция с помощью выпуклой линзы

Астигматизм - кривизна роговицы в вертикальной плоскости несколько больше, чем в горизонтальной; это приводит к зависимости преломляющей силы от угла падения лучей. Если разница не превышает 0,5 дп, такой астигматизм называют «физиологическим».

Катаракта - частичное или полное затемнение хрусталика.

РАЗДЕЛ 3. АККОМОДАЦИЯ

Акомодация. (аккомодация) приноровление глаза к определенному расстоянию посредством изменения выпуклости хрусталика

Фазы аккомодации:

Следует отметить, что по Гельмгольцу существует два крайних состояния: «нет аккомодации»(взгляд вдаль) и «есть аккомодация» (взгляд вблизь).

Гельмгольц в принципе отмёл понятие «активная аккомодация вдаль» (Helmholtz H. Űber die Akkomodation des Auges. // Albrecht von Graefe`s Arch.Ophthalmol., 1855, V.1.,N.2, p. 1-74.), хотя работы некоторых его современников указывали на такую возможность. И состояние «покой аккомодации» также не было введено Гельмгольцем.

По нашему мнению, это было связано с тем, что Гельмгольц прекрасно понимал, что физиологический процесс перехода от положения минимального тонуса ЦМ (взгляд полностью вдаль, когда нет аккомодации) в состояние её максимального тонуса ЦМ (взгляд полностью вблизь, когда есть аккомодация), видимо, должен проходить непрерывно, а схема работы ЦМ с абсолютным минимумом потребления энергии в средней точке будет, согласно законам механики, замедлять скорость перенастройки оптической системы глаза.

Т.е. такая логика работы зрительной системы человека не будет приводить к более высокой скорости обнаружения опасности, что не способствует сохранению человека как вида. Биологические системы для экономии энергии развиваются как системы с неустойчивым равновесием, т.е. зрительная система человека должна была развиваться именно так, как сформулировал Гельмгольц.

В любой биологической системе с неустойчивым равновесием состояние «функционального покоя» не существует, и именно это позволяет более ускоренно реагировать на изменение обстановки.

Вспомним ходьбу: от падения нас предохраняет мощная вестибулярно - мозжечковая система поддержания равновесия при вертикальной позе, как правило не допускающая частых падений. Однако, с точки зрения законов механики мы, фактически, при каждом шаге сначала падаем, пассивно (!) смещая центр тяжести, и только потом (!) предотвращаем это падение с помощью мышечных усилий. Но из-за того, что равновесие неустойчивое, мы в сумме тратим меньше энергии (центр тяжести первоначально смещаем не за счёт активных мышечных усилий) и увеличиваем скорость быстродействия системы передвижения.

Точно также работает и система зрительного обнаружения у человека, основным физиологическим свойством которой является функционирование в режиме неустойчивого равновесия аккомодационной системы. Это позволяет увеличить скорость обнаружения опасности. И, по-видимому, мы сначала пассивно чуть «отпускаем» натянутую как тетиву лука хороидею, уменьшая тонус ЦМ, а только потом повышаем тонус ЦМ для удержания необходимого уровня «равновесия» в новом оптимальном позиционном положении.

Покой аккомодации - введённое в 1956 г. K. Mutze понятие «покой аккомодации» (Mutze K. Die Akkommodation des menschlichen Auges. Akademie-Verl. 1956.), основанное на некорректно поставленном и проведённом эксперименте, стало, к сожалению, неким «символом веры» и фактически серьёзно осложнило работу оптометристов по выбору рациональной оптической коррекции.

Это исторически не в полной мере чёткое определение предполагало ошибочность первоначальных представлений Гельмгольца о процессе аккомодации и, как следствие, требовало также введения понятия «активная аккомодация вдаль».

Гипотетическое предположение о функциональном покое ЦМ в промежуточной фазе аккомодации не соответствует физиологии работы динамической системы с неустойчивым равновесием, поэтому от такого нечёткого термина, видимо, в дальнейшем целесообразно отказаться (комментарий об эксперименте К. Мютце см. на сайте Выдержки из монографии И.Н. Кошица, О.В. Светловой, А.И. Горбаня «Современные представления о биомеханизмах аккомодации и теории Гельмгольца).

Активная аккомодация для близи - исторически не в полной мере корректное определение, поскольку под этим понятием кроется бесконечное число фаз аккомодации, отличных от состояния «взгляд полностью вдаль»: любое увеличение тонуса ЦМ от положения «взгляд полностью вдаль» уже есть частичная активная аккомодация для близи. Поэтому это некорректное определение требует уточнения или замены.

Взгляд полностью вблизь - предлагаемое нами состояние «взгляд полностью вблизь» чётко соответствует конечной, предельной фазе аккомодации, когда тонус ЦМ, а также и степень жёсткости хороидеи на растяжение максимальны. Между двумя крайними положениями: «взгляд полностью вдаль» и «взгляд полностью вблизь» существует бесконечное множество промежуточных состояний, которые можно было бы определить как «взгляд частично вдаль». Однако, мы предлагаем употреблять равный ему термин «взгляд частично вблизь», т.е. будем подчёркивать степень физиологического напряжения, а не расслабления ЦМ.

Взгляд полностью вдаль - предлагаемое нами состояние «взгляд полностью вдаль» чётко соответствует начальной фазе аккомодации, когда тонус ЦМ, а также и степень жёсткости хороидеи на растяжение минимальны. При состоянии аккомодационной системы глаза «взгляд полностью вдаль» ЦМ обязательно должна обладать некоторым начальным минимальным тонусом, обеспечивающим её начальную физиологическую подготовку («разогрев») к работе во всех диапазонах аккомодации. Отметим, что воздействие циклоплегиков выключает у ЦМ этот начальный тонус «разогрева», она при этом естественно полностью расслабляется, что трактуется приверженцами «активной аккомодации вдаль» как наличие такой активной аккомодации величиной в 1-2 (!) дптр. и как клиническое подтверждение активной «расслабляющей» работы мышцы Иванова от воздействия симпатической ветви вегетативной нервной системы. При этом ими, как правило, не учитывается ни преобладание в ЦМ расслабляющих сигналов от циклоплегиков по сравнению с действием зрительного стимула или действия миотиков (вспомним преобладание атропина над пилокарпином и продолжительность его расслабляющего воздействия), ни изменение жёсткости сосудистой сети хороидеи, ни некорректная постановка экспериментов (см. на сайте Выдержки из монографии И.Н. Кошица, О.В. Светловой, А.И. Горбаня «Современные представления о биомеханизмах аккомодации и теории Гельмгольца).

Предустановка аккомодации - среди множества промежуточных состояний «взгляд полностью вдаль» и «взгляд полностью вблизь» в период бодрствования безусловно и всегда найдётся состояние позиционной предустановки оптической системы эмметропического глаза на расстояние 0,6-1,3 метра, которая для глаз с иной рефракцией будет напрямую зависеть от вида и степени рефракции и полноты оптической коррекции глаза.

Аккомодационная система глаза в режиме предлагаемого нами состояния позиционной предустановки постоянно находится в «состоянии максимальной готовности» к любым переменам, но это физиологическое состояние естественно выбирается мозгом у человека так, чтобы:

в первую очередь, иметь возможность максимально быстро перенастраивать систему зрительного обнаружения в период бодрствования;

во вторую очередь, экономить энергию во время длительной постоянного напряжения ЦМ для работы частично или полностью вблизь.

В режиме позиционной предустановки общий тонус ЦМ и её энергопотребление больше, чем при взгляде полностью вдаль и меньше, чем при взгляде полностью вблизь. При разной индивидуальной рефракции глаза это состояние предустановки будет смещаться кпереди в большей или в меньшей степени: например, при развитии в любом глазу возрастной пресбиопии, тонус ЦМ и её энергопотребление постепенно будут повышаться, чтобы нивелировать приобретаемый из-за «уплощения» ещё прозрачного хрусталика сдвиг фокуса глаза за сетчатку. Это позволяет минимизировать время перенастройки оптической системы глаза и оптимизировать уровень его энергопотребления. Активное физиологическое состояние предустановкаоптической системы глаза определяет степень работоспособности его аккомодационной системы в норме. При этом не минимальны: энергопотребление и тонус ЦМ, степень упругости хороидеи, а также величина её удлинения при растяжении.

Обобщая, отметим, что главные «точки отсчёта» в бесконечном числе возможных фаз аккомодации, видимо, таковы:

во время бодрствования введённое ранее рядом авторов промежуточное состояние «покой аккомодации» (при котором, по их представлениям, тонус ЦМ не минимален, а энергопотребление минимально) не существует, о есть состояние активной предустановки аккомодационной системы глаза (когда энергопотребление не минимально, но оптимизировано для ускоренного ответа на появление стимула);

состояние аккомодационной системы глаза «взгляд полностью вдаль» соответствует минимальным тонусу и энергопотреблению ЦМ, а состояние аккомодационной системы глаза «взгляд полностью вблизь» соответствует максимальному тонусу и энергопотреблению ЦМ;

при состоянии аккомодационной системы глаза «взгляд полностью вдаль» ЦМ обязательно должна обладать некоторым начальным минимальным тонусом, обеспечивающим её начальную физиологическую подготовку к работе во всех диапазонах аккомодации.

Можно сформулировать следующий физиологический вывод: во время бодрствования, при активной работе системы аккомодации в целом, любой физиологической фазе соответствует оптимальный тонус аккомодации, т.е такая энергосберегающая оптическая позиционная предустановка глаза, которая позволяет максимально возможно уменьшить время перенастройки механизма аккомодации и свести необходимое ему общее суммарное энергопотребление в период бодрствования к минимуму.

ВЫВОДЫ

Все живые организмы находятся в постоянной взаимосвязи с внешней средой и еслибы не было глаз, то жизнь утратила бы все свои цвета.. Зрение - процесс, обеспечивающий восприятие света. Мы видим объекты потому, что они отражают свет. Цвета, которые мы различаем, определяются тем, какую часть видимого спектра отражает или поглощает предмет. Когда клетки сетчатки, колбочки и палочки, подвергаются воздействию света с длиной волны от 400 нм (фиолетового) до 750 нм (красного), в них происходит химическая реакция, вследствие которой возникает нервный сигнал. Этот сигнал достигает мозга и порождает в бодрствующем сознании ощущение света.

Зрительные системы. В глазу человека (и многих животных) есть две световоспринимающие системы: колбочки и палочки. Зрительный процесс лучше изучен на примере палочек, но есть основания полагать, что в колбочках он протекает сходным образом. Чтобы прошла химическая реакция, инициирующая нервный сигнал, фоторецепторная клетка должна поглотить энергию света. Для этого используется светопоглощающий пигмент родопсин (называемый также зрительный пурпур) - сложное соединение, образующееся в результате обратимого связывания липопротеина скотопсина с небольшой молекулой поглощающего свет каротиноида - ретиналя, который представляет собой альдегидную форму витамина А. Под действием света происходит расщепление родопсина на ретиналь и скотопсин. После прекращения воздействия света родопсин тотчас же ресинтезируется, но часть ретиналя может подвергнуться дальнейшим превращениям, и для восполнения его запаса в сетчатке необходим витамин А. Описанный процесс можно считать доказанным, и не остается сомнений в том, что родопсин в качестве светочувствительного соединения палочек обеспечивает зрение по крайней мере при слабой освещенности. Если перейти из места с ярким освещением в слабо освещенное, как это бывает при посещении театра в полдень, то интерьер покажется вначале очень темным. Но через несколько минут это впечатление проходит, и предметы становятся хорошо различимыми. Во время адаптации к темноте зрение почти полностью зависит от палочек, так как они лучше работают при слабой освещенности. Ввиду того что палочки не различают цвета, зрение при низкой освещенности практически бесцветно (ахроматическое зрение). Если глаз внезапно подвергается воздействию яркого света, мы плохо видим в течение короткого периода адаптации, когда основная роль переходит к колбочкам. При хорошем освещении мы вполне различаем цвета, поскольку цветовосприятие является функцией именно колбочек.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биомеханика глаз при их вынужденных и собственных колебаниях [Электроный ресурс], <http://www.dissercat.com/content/biomekhanika-glaz-pri-ikh-vynuzhdennykh-i-sobstvennykh-kolebaniyakh#ixzz2CEC1zc9U>

. Бородина Н.В., Кобзова М.В., Григорян М.Б., Карапетян А.Т.СГУ «НИИ глазных болезней РАМН», г. Москва, Россия.

. Гундорова Р.А., Степанов А.В.,Курбанова Н.Ф.Современная офтальмотравматология. - М., 2007.

. Глаз. [Электроный ресурс], <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B7>

5. Дубровский В. И., Фёдорова В. Н. Биомеханика: Учебник для средних и высших учебных заведений - М., 2004.

6. Клиническая физиология зрения. Очерки под ред. А.М.Шамшиновой. - М.: Т.М.Андреева, 2006.

. Коскас Г., Коскас Ф., Зурдан А./Комплексаня диагностика патологии глазного дна/ пер.с фр. под общ.ред. В.В.Нероева, М.В.Рябиной - М.:Практическая медицина,,2007. - 496 с.: ил.

. Механизмы аккомодации [Электроный ресурс], http://doktor-glaz.com/