

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования "Красноярский государственный
медицинский университет имени профессора В.Ф.Войно-Ясенецкого"
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра офтальмологии с курсом ПО им. проф. М.А. Дмитриева
Зав. кафедрой: д.м.н., доцент, Козина Е.В.

Реферат

Аккомодация

Выполнила: Гайделис Владислава
Сергеевна
Ординатор 1 года
Проверила:

Красноярск 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Определение. Общие сведения

Анатомические аспекты аккомодации

Биомеханизм аккомодации

Механизм аккомодации

Процесс аккомодации в близь и вдаль. Объемы аккомодации

Изменения в глазу во время аккомодации

Литература

ОПРЕДЕЛЕНИЕ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Аккомодация — способность глаза к четкому видению разноудаленных объектов за счет изменения рефракции.

Параллельные лучи, идущие в глаз эметропа, соединяются как раз на его сетчатке. У миопы задний главный фокус находится впереди, а у гиперметропа - позади сетчатки. Поэтому ни у миопы, ни у гиперметропа не должно быть ясного зрения вдаль без соответствующих стекол: миоп только тогда увидит далекий предмет, если перед его глазом поставить двояковогнутое стекло; точно также и гиперметроп только тогда должен был бы видеть находящиеся далеко предметы, если бы перед его глазом была поставлена соответствующая двояковыпуклая линза. На практике, однако, мы видим, что наши рассуждения верны лишь в отношении миопов, гиперметропы же нередко обходятся при взгляде вдаль без двояковыпуклых стекол. Дело в том, что глаз есть не просто физический прибор, но физиологический орган, обладающий рядом регуляторных приспособлений, применительно к различным обстоятельствам. Одним из таких регуляторных приспособлений и является присущая глазу способность усиливать и ослаблять свою рефракцию. Эта способность называется аккомодацией.

АНАТОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АККОМОДАЦИИ

Общепризнано, что основными звеньями исполнительного механизма аккомодации являются хрусталик, связочный аппарат хрусталика, цилиарная мышца и хориоидея. Однако в обеспечение биомеханизма аккомодации в той или иной степени вовлечены практически все структуры глазного яблока.

Хрусталик

Хрусталик, несмотря на видимую простоту, представляет собой достаточно сложный прозрачный объект — двояковыпуклое эластичное образование в виде диска, расположенное между радужкой и стекловидным телом. Хрусталик является многослойной структурой, его слои характеризуются разной толщиной и физико-механическими свойствами. Размеры хрусталика в различном возрасте отличаются.

Хрусталик со всех сторон покрыт капсулой, которая представляет собой базальную мембрану эпителиальных клеток. Капсула хрусталика является самой толстой базальной мембраной тела человека. Передняя часть капсулы хрусталика толще (до 15,5 мкм), чем задняя. Утолщение более выражено на периферии передней капсулы, эту область еще называют зонулярной пластиной, поскольку здесь прикрепляется основная масса волокон ресничного пояса. У детей и в молодом возрасте, если капсула хрусталика не натянута, он имеет почти сферическую

Ресничный пояс, или связочный аппарат хрусталика

Ресничный пояс, или связочный аппарат хрусталика, имеет две основные точки крепления: переднюю, в области экватора хрусталика, и заднюю, в области зубчатой линии, а также одну промежуточную — в области короны цилиарного тела (ЦТ) к боковым поверхностям его отростков. Есть данные, свидетельствующие о том, что за пределами точки крепления в зубчатой линии связки хрусталика свободно оканчиваются в кортикальных слоях стекловидного тела, и это потенциально может иметь биомеханическое значение.

Ресничный пояс, или зонулярный аппарат хрусталика, состоит из волокон диаметром 10 нм (от 8 до 12 нм), имеющих вид трубочек на поперечном срезе. Подавляющее большинство волокон исходит из плоской части ресничного тела кпереди на расстоянии 1,5 мм от зубчатой линии. Здесь они переплетаются с внутренней пограничной мембраной эпителиальных клеток или с волокнами переднего отдела стекловидного тела. Большинство волокон складываются в пучки, состоящие из 2-5 фибрилл. Некоторые фибриллы иногда проникают между эпителиальными клетками. Фибриллы обнаруживаются и между пигментированными эпителиальными клетками ресничного эпителия и вплетаются в их базальную мембрану и мембрану Бруха.

Передние связки распространяются вперед, пока не достигнут заднего края отростчатой части ЦТ. Здесь они образуют зонулярное сплетение, которое находится между ресничными отростками, и прикрепляются к их боковым стенкам. Фибриллы зонулярного сплетения плотно присоединяются в основании ресничных гребешков, стабилизируя всю систему связок. Несколько кпереди от короны ресничного тела зонулярное сплетение разделяется на три пучка волокон, направляющихся к передней, экваториальной и задней капсуле хрусталика. Спереди хрусталика связки прикрепляются к капсуле на протяжении 2,5 мм, а сзади — на протяжении 1 мм. Если рассматривается ход связочного аппарата от хрусталика, то считают, что фибриллы, исходящие из переднего отдела экваториальной поверхности хрусталика, направляются кзади и прикрепляются к ресничным отросткам, а фибриллы, отходящие от задней поверхности капсулы, направляются к плоской части ресничного тела и зубчатой линии (задние связки). Экваториальные связки распространяются от ресничных отростков непосредственно к экватору. Выделяют и гиалоидные связки, которые распространяются от плоской части ресничного тела к краю хрусталика в месте его прилегания к стекловидному телу. Здесь они вплетаются в «гиалоидокапсулярные связки» (соответствующие зонулярным волокнам связки Вигера).

Цилиарная мышца

Цилиарная мышца (относится к категории гладких мышц) условно разделяется на три порции (мышцы Брюкке, Иванова и Мюллера), в которых мышечные волокна ориентированы в разных направлениях.

Меридиональная мышца Брюкке, самая мощная и длинная (в среднем 7 мм), имея прикрепление в области корнеосклеральной трабекулы и склеральной шпоры, свободно идет до зубчатой линии, где вплетается в хороидею, доходя отдельными волокнами до экватора глаза. И по анатомии, и по функции она точно соответствует своему старинному названию — тензор хороидеи. Общепринятым является мнение о парасимпатической иннервации этой мышцы.

Радиальная мышца Иванова составляет основную мышечную массу короны цилиарного тела и, имея прикрепление к увеальной порции трабекул в прикорневой зоне радужки, свободно оканчивается в виде расходящегося радиально венчика на тыльной стороне короны, обращенной к стекловидному телу. Очевидно, что при своем сокращении радиальные мышечные волокна, подтягиваясь к месту прикрепления, будут менять конфигурацию короны и смещать ее в направлении корня радужки. Несмотря на запутанность вопроса об иннервации радиальной мышцы, большинство авторов считают ее симпатической. Более того, Л.А. Деев с соавт. (1996) обнаружили не только наличие симпатических синапсов в цилиарном теле, но даже скопление адренэргических нервных терминалей в области радиальной порции цилиарной мышцы.

Циркулярная мышца Мюллера не имеет прикрепления, наподобие сфинктера радужки, и располагается в виде кольца в самой вершине короны цилиарного тела. При ее сокращении вершина короны «заостряется», и отростки цилиарного тела приближаются к экватору хрусталика. Принято считать, что иннервация циркулярной мышцы парасимпатическая.

Хороидея

Хороидея имеет непосредственное отношение к осевому натяжению и расслаблению цинновых связок, поскольку задняя точка основного крепления связочного аппарата хрусталика тесно связана с хороидеей в области зубчатой линии. Хороидея, имея определенный запас эластичности, способна к растяжению и сокращению относительно склеры под действием сокращений меридиональной порции цилиарной мышцы с соответствующим перемещением задней точки крепления связок, что изменяет рабочее расстояние аккомодации. В отношении аккомодации хороидея весьма соответствует названию «биологической пружины», данному ей А.И. Горбанем.

БИОМЕХАНИЗМ АККОМОДАЦИИ

При оптической установке глаза для рассматривания близко расположенных предметов возникает сокращение волокон меридиональной порции цилиарной мышцы, активированное парасимпатической нервной системой. Происходит натяжение хороидеи и перемещение вперед задней точки фиксации связочного аппарата хрусталика в области зубчатой линии — первый подвижный узел связочного аппарата хрусталика с последующей реализацией классического механизма аккомодации по Г. Гельмгольцу.

Этот биомеханизм подразумевает ослабление осевого натяжения цинновых связок вследствие уменьшения рабочего расстояния аккомодации между двумя основными точками крепления связочного аппарата: в области экватора хрусталика и в области зубчатой линии.

Ослабление натяжения связок приводит к уменьшению напряжения капсулы хрусталика, нагруженного повышенным внутривитреальным давлением при установке зрения вдаль. Ослабление напряжения капсулы позволяет хрусталику в силу его эластичности стать более выпуклым, особенно в зрачковой зоне передней поверхности, где капсула хрусталика более тонкая, чем на периферии. Уменьшение радиуса кривизны передней поверхности хрусталика является основным оптическим условием увеличения преломляющей силы хрусталика и усиления рефракции в целом.

Кроме того, во время аккомодации для близи, благодаря сокращению циркулярных волокон мышцы Мюллера или своеобразного цилиарного сфинктера, возникает дополнительное перемещение короны цилиарного тела в направлении экватора хрусталика. Цилиарное кольцо сфинктероподобно сжимается. Физиологический смысл работы мышцы Мюллера заключается не только в перемещении блока промежуточного крепления части связочного аппарата в короне ближе к экватору хрусталика (второй подвижный узел связочного аппарата хрусталика) и тем самым дополнительного ослабления его осевого натяжения. Но прежде всего, на наш взгляд, в обеспечении стабильности фронтального положения хрусталика через укорочение свободного хода расслабленной передней порции ресничного пояса: эффект своеобразного «короткого

поводка» для ограничения подвижности хрусталика, или факодонеза, на высоте аккомодации, особенно при крайних ее напряжениях.

Биомеханизм перевода оптической установки глаза с близкого расстояния на далекое представляет собой одновременный совместный процесс хорошо известного пассивного компонента аккомодации под влиянием падения парасимпатического тонуса и активной аккомодации под влиянием симпатического тонуса.

Пассивный компонент аккомодации для дали: сброс тонуса парасимпатической нервной системы в ответ на зрительный стимул установки глаза вдаль расслабляет меридиональную и циркулярную мышцы. Хороидея, в ответ на прекращение растягивания со стороны меридиональной мышцы, в силу своей эластичности сокращается, стремясь занять свое первоначальное положение, и тем самым перемещает кзади точку крепления цинновых связок в области зубчатой линии (первый подвижный узел). Это приводит к осевому натяжению связочного аппарата хрусталика из-за увеличения рабочего расстояния аккомодации между экватором и зубчатой линией с соответствующим растяжением передней капсулы хрусталика и уплощением его передней поверхности. Кроме того, снижение давления в стекловидной камере глаза приводит к возвращению передних кортикальных слоев стекловидного тела назад и перемещению хрусталика вместе со своей кольцевидной связкой кзади вдоль оптической оси.

Активный компонент аккомодации для дали. Поскольку симпатический отдел аккомодативного управления не имеет коркового представительства, то активная деятельность симпатической регуляции аккомодации проявляется только в тоническом взаимодействии с парасимпатическим тонусом и выходит из-под его доминирования только тогда, когда величина последнего, в результате резкого уменьшения при зрительной перестройке для дали, становится равной или даже меньше уровня фонового симпатического тонуса. Это приводит к преобладанию силы сокращения радиальных мышечных волокон короны ЦТ над расслабленными циркулярными волокнами, что и перемещает корону ЦТ от экватора хрусталика. Здесь просматривается аналогия с биомеханикой расширения зрачка при работе дилататора радужки. Цилиарное кольцо, подобно зрачку, расширяется. Возникает эффект натяжения передней порции цинновой связки на участке от презэкваториальной зоны хрусталика до места перехода короны цилиарного тела в его плоскую часть.

Такой ход связок совпадает с направлением вектора силы растяжения передней капсулы хрусталика, что позволяет осевому натяжению связочного аппарата приводить к уплощению передней поверхности хрусталика. Кроме того, совместное с короной ЦТ перемещение блока промежуточного крепления передней порции цинновых связок несколько вперед, к склеральной шпоре, может создавать дополнительное боковое (а не осевое) натяжение связок на участке между экватором хрусталика и короной цилиарного тела, что также может сопровождаться дополнительным натяжением капсулы хрусталика.

Вторичные компоненты аккомодации

Зрачок. Сужение зрачка при аккомодации для близи позволяет увеличить глубину резкости и, следовательно, уменьшить объем затрачиваемой аккомодации при рассматривании предметов, расположенных на близком расстоянии, или восполнить недостающий объем аккомодации, например, при ранних проявлениях пресбиопии. Не случайно ранние пресбиопы в возрасте 40–45 лет часто отмечают затруднения при чтении в условиях низкой освещенности и практически полное восстановление способности читать при увеличении освещения, когда в ответ на усиление светового потока

происходит сужение зрачка, что сопровождается энергосберегающей для аккомодации функцией диафрагмирования оптики глаза.

Роговица. Об участии роговицы в аккомодации, как было сказано выше, мнения противоречивы: от полного отрицания до значительного участия — 5-6 дптр (!) в сферическом эквиваленте. Исследования рефракции роговицы при естественной и искусственной медикаментозной стимуляции аккомодации выявили возникновение прямого роговичного астигматизма в пределах физиологического, в среднем $0,75 \pm 0,25$ дптр за счет усиления вертикального меридиана. Незначительные изменения роговицы при аккомодации свидетельствуют об отсутствии ее прямого участия, однако наведенный прямой роговичный астигматизм небольших степеней может, так же как и сужение зрачка, повышать глубину резкости, облегчая тем самым работу аккомодации.

Склера и экстрабульбарные мышцы. Интерес к исследованию участия этих структур в аккомодации обоснован, прежде всего, их значимостью в возникновении и прогрессировании осевой миопии. Увеличение переднезадней оси глаза при работе на близком расстоянии, главным образом за счет конвергентного поддавливания склеры экстрабульбарными мышцами, как было сказано выше, может рассматриваться как частичная альтернатива хрусталиковой аккомодации. Но, даже при самых тщательных ультразвуковых исследованиях, на сегодняшний день не зафиксировано достоверного увеличения переднезадней оси глазного яблока на высоте аккомодации для близи. Вместе с тем безусловный факт преобладания объема абсолютной аккомодации (при зрении одним глазом) над объемом относительной (при зрении двумя глазами) указывает на возможность рефракционного компонента увеличения переднезадней оси глаза при конвергенции.

Стекловидное тело. Предполагается, что стекловидное тело также может быть вовлечено в аккомодацию, так как имеет анатомическую связь с хрусталиком через связку Вигера, с ресничным пояском через сращение его задней порции с передней гиалоидной мембраной и витреохориоретинальной спайкой в области зубчатой линии, где прикрепляется весь связочный аппарат хрусталика, с комплексом сетчатка-хороида на всем постэкваториальном внутриглазном пространстве. Главная роль стекловидного тела заключается в перемещении хрусталика вперед вдоль оптической оси глаза в процессе аккомодации для близи, так как других исполнителей этой функции не существует. При натяжении хороида повышенное давление в стекловидной камере выталкивает стекловидное тело и связанный с ним хрусталик вперед. При сокращении хороида во время аккомодации для дали роль стекловидного тела не столь значительна, поскольку функцию возвращения хрусталика в исходное состояние берет на себя часть ресничного пояса, напрямую связывающая экваториальную и постэкваториальную зоны хрусталика с хороидею в области зубчатой линии. Таким образом, все вторичные компоненты аккомодации так или иначе уменьшают аккомодационные усилия и, следовательно, имеют энергосберегающие свойства, целесообразные офтальмоэргономически.

МЕХАНИЗМ АККОМОДАЦИИ

По общепринятой теории Helmholtz'a, механизм аккомодации рисуется в следующем виде: Циннова связка в обычных условиях натянута, и это натяжение уплощает хрусталик. При сокращении цилиарной мышцы внутриглазное мышечное кольцо перемещается кпереди и суживается, что ведет к расслаблению Цинновой связки. Расслабление последней освобождает хрусталик от натяжения и позволяет ему стать, в силу его эластичности, более выпуклым. Однако, физическое состояние хрусталика не стабильно, оно меняется в течение всей жизни. Эластичность хрусталика с годами

уменьшается, поэтому способность его становиться более выпуклым постепенно ослабляется и к старости исчезает совершенно.

Увеличение выпуклости хрусталика естественно усиливает рефракцию глаза. Наоборот, в момент покоя цилиарной мышцы внутриглазное мышечное кольцо возвращается к исходному положению, т. е. расширяется и перемещается кзади, Циннова связка натягивается, и хрусталик уплощается, в силу чего преломляющая способность глаза уменьшается. Таким образом, акт аккомодации совершается благодаря работе цилиарной мышцы: при напряжении последней, преломляющая способность глаза увеличивается (мы говорим тогда, что глаз аккомодирует), а при ее расслаблении уменьшается (мы говорим в этом случае о расслаблении аккомодации).

Исследования *Gullstrand'a*, подтвердив правильность теории *Helmholtz'a*, внесли много нового в понимание механизма аккомодации. В теории *Helmholtz'a* акт аккомодации изучается с точки зрения изменения внешней формы хрусталика, *Gullstrand* же выяснил тот процесс, который происходит во время акта аккомодации внутри самого хрусталика. Оказывается, во время аккомодации содержимое каждого хрусталикового волокна остается в пределах этого же волокна, объем его не меняется, и лишь происходит сдвиг хрусталиковых волокон по отношению друг к другу. Этот сдвиг, помимо изменения радиусов кривизны хрусталиковых поверхностей, ведет еще к повышению общего показателя преломления хрусталика. Таким образом, *Gullstrand'OM* доказано, что повышение преломляющей силы хрусталика при акте аккомодации происходит не только за счет изменения радиусов кривизны хрусталиковых поверхностей, но и вследствие повышения общего показателя преломления хрусталика (экстра- и интракапсулярный механизм аккомодации).

Различие между рефракцией и аккомодацией. Из сказанного вытекает различие между рефракцией и аккомодацией. Рефракция выражает преломляющую способность глаза при покое цилиарной мышцы, аккомодация же означает способность глаза увеличивать преломляющую силу хрусталика при помощи соответствующих изменений в хрусталике (изменение кривизны поверхности, увеличение показателя преломления). Рефракция, следовательно, характеризует глаз как физический прибор, аккомодация же — как физиологический орган.

ПРОЦЕСС АККОМОДАЦИИ ВБЛИЗЬ И ВДАЛЬ. ОБЪЕМЫ АККОМОДАЦИИ

Кто аккомодирует на далекое расстояние? Эмметропу вдаль незачем аккомодировать, так как параллельные (вернее сказать, принимаемые за параллельные) лучи, идущие в его глаз от далекого предмета, соединяются как раз на его сетчатке. Миоп без стекла находится в беспомощном положении, так как параллельные лучи, идущие в его глаз, соединяются впереди сетчатки, а аккомодацией он пользоваться не может: напряжение аккомодации еще дальше отодвинуло бы задний фокус от сетчатки, а следовательно еще больше ухудшило бы его зрение.

Что касается гиперметропа, то он без стекла также должен был бы находиться в беспомощном состоянии, так как параллельные лучи, идущие в его глаз от далекого предмета, пересекаются позади сетчатки. В действительности же, как мы на это уже указывали, молодой гиперметроп обходится при зрении вдаль без стекла, так как недостающее ему стекло он „изыскивает" у себя в глазу, напрягая свою аккомодацию.

Аккомодация на близком расстоянии. При приближении к глазу предмета из дальнейшей точки ясного зрения задний главный фокус, как это известно из физики, будет отодвигаться от сетчатки, и если бы глаз был только физическим прибором, мы не могли бы различать предметов, отстоящих от глаз ближе, чем дальнейшая точка ясного зрения. Но глаз, как мы говорили, есть не просто физический прибор, а физиологический орган, умеющий приспосабливаться. Благодаря аккомодации идущие в глаз лучи сильнее преломляются, и задний главный фокус снова оказывается на сетчатке. Так как по мере приближения предмета к глазу изображение (как то известно из физики) все больше и больше отодвигается от сетчатки, то чем ближе предмет к глазу, тем больше нужно аккомодировать. Наконец, в *ближайшей точке ясного зрения* глаз истощает всю свою аккомодацию, и если поставить объект между ближайшей точкой ясного зрения и глазом, то аккомодации не хватит, и детали предмета уже не будут видны. Таким образом, на близком расстоянии аккомодируют глаза всех типов рефракции, при этом гиперметроп, которому приходится аккомодировать уже вдаль, аккомодирует на близком расстоянии больше, чем эметроп, а миоп будет аккомодировать лишь в том случае, если рассматриваемый предмет находится ближе к глазу, чем дальнейшая точка его ясного зрения. Если, например, миоп в 3,0 D, будет читать книгу, держа ее на расстоянии 33 см, то он вовсе не будет аккомодировать, так как преломляющая сила в 3,0 D

соответствует фокусному расстоянию в $\frac{100}{3} \text{ см} = 33 \text{ см}$. В этом случае он держит книгу как раз в дальнейшей точке ясного зрения. Но если этот же миоп в 3,0 D будет рассматривать какие-либо детали книги, держа ее на более близком расстоянии от глаза, чем 33 см, то в этом случае он вынужден будет аккомодировать.

Тип рефракции	Отношение к аккомодации вдаль	Отношение к аккомодации вблизи
Эметроп	Не аккомодирует	Аккомодирует
Гиперметроп	Аккомодирует	Аккомодирует сильнее, чем эметроп
Миоп	Беспомощен без стекол	Аккомодирует только в том случае, если предмет находится ближе к глазу, чем дальнейшая точка его ясного зрения.

Объем аккомодации. Вся сила аккомодации представляет собой, разницу в преломляющей способности глаз при установке его к ближайшей и дальнейшей точке ясного зрения. Если обозначить "через P — ближайшую точку ясного зрения (punctum proximum), а через R — дальнейшую (punctum remotum) и выразить далее в диоптриях расстояние глаза от P и от R, то, очевидно, что объем аккомодации $A = P - R$.

Наибольшее напряжение глаза, возможное для каждого глаза в отдельности, называется *абсолютным объемом аккомодации*. Наибольшее напряжение глаза, возможное при бинокулярном зрении, называется *бинокулярным объемом аккомодации*.

Относительный объем аккомодации. Иногда при бинокулярной фиксации предмета (при данной конвергенции зрительных осей), например, при чтении, нужно знать, какая часть аккомодативной способности истрачена, и какая часть ее осталась. Понятно, что чем больше глаз аккомодирует, тем скорее он устает; наоборот, если запасная часть аккомодации значительно превышает истраченную, то это очень выгодно для глаза.

Вся аккомодативная способность, какой глаз располагает при данной конвергенции зрительных осей, называется *относительным объемом аккомодации*. Из сказанного выше очевидно, что относительный объем аккомодации состоит из двух частей, отрицательной (т.е. затраченной) и положительной (т.е. оставшейся в запасе)

Положительную и отрицательную часть относительного объема аккомодации можно легко измерить. Пусть кто-либо читает на определенном расстоянии. Поставим перед его глазами слабые стекла — он все же будет ясно читать. Очевидно, что в данном случае он напрягает свою аккомодацию настолько, чтобы преодолеть поставленные перед его глазами стекла. Попробуем теперь усилить вогнутые стекла — он все еще будет ясно читать, преодолевая стекла. Наконец, мы дойдем до стекол такой силы, которых он уже не сможет преодолеть, и ясного зрения у него не будет. Самое сильное двояковыпуклое стекло, которое глаз может преодолеть при работе на данном расстоянии, сохраняя ясное зрение, показывает запасную (т.е. положительную) часть относительного объема аккомодации.

Если, наоборот, мы будем приставлять к глазу двояковыпуклые стекла и ясное зрение при этом будет сохраняться, то, очевидно, что стекла расслабляют на соответственное число диоптрий его аккомодацию и соответствуют отрицательной (т.е. затраченной) части аккомодации. Поэтому отрицательная часть относительного объема аккомодации определяется самым сильным двояковыпуклым стеклом, какое глаз может преодолеть при работе на данном расстоянии, сохраняя ясное зрение.

ИЗМЕНЕНИЯ В ГЛАЗУ ВО ВРЕМЯ АККОМОДАЦИИ

Ввиду той огромной роли, какую аккомодация играет в акте зрения, мы коснемся главнейших изменений в глазу, связанных с этим физиологическим явлением. Они заключаются в следующем:

- 1) Увеличение кривизны хрусталика происходит неравномерно, передняя поверхность хрусталика становится более выпуклой, тогда как задняя поверхность меняется очень мало.
- 2) Изменяются фигурки *Purkinje-Sanson'a*. Если держать зажженную свечу сбоку наблюдаемого глаза и смотреть на этот глаз с другой стороны, то в глазу можно заметить три изображения пламени свечи: первое, *a* — прямое изображение, образуется передней поверхностью роговицы, второе, *b* — тоже прямое, лежит на передней поверхности хрусталика и третье, *c* — обратное, дается задней поверхностью хрусталика, которое является в данном случае как бы вогнутым зеркалом. Если субъекту предложить сначала смотреть вдаль, а потом перевести глаза на какой-либо находящийся вблизи предмет, то можно заметить, что первая фигурка остается без перемен, третья также почти не меняет своей величины, вторая же заметно уменьшается, что, как известно из физики, указывает на увеличение кривизны отражающей поверхности.
- 3) Вследствие увеличения толщины хрусталика зрачковая часть радужки, покоящаяся на передней поверхности у капсулы хрусталика, перемещается кпереди.
- 4) Глубина передней камеры уменьшается.
- 5) Угол передней камеры становится более острым.
- 6) Зрачок сужается.

- 7) Зрительные линии сходятся (глаза конвергируют).
- 8) Цилиарная мышца утолщается, а ресничные отростки набухают.
- 9) Внутриглазное давление при акте аккомодации не повышается. Тем не менее должно быть учтено то обстоятельство, что аккомодация сопровождается усиленным приливом крови к цилиарной мышце и уплощением передней камеры. Оба эти момента для лиц, предрасположенных к глаукоме, являются неблагоприятными.

ЛИТЕРАТУРА

Аккомодация. Руководство для врачей. Л.А. Катаргина. Москва, 2012

Рефракция, аккомодация, подбор очков. Б.Г. Товбин. Горький, 1939

Оптометрия. Ю.З. Розенблюм. Санкт-Петербург, 1996