

Б.Г. Товбин

Рефракция. Аккомодация. Подбор очков

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 61
ББК 5
Б11

Б11 **Б.Г. Товбин**
Рефракция. Аккомодация. Подбор очков / Б.Г. Товбин – М.: Книга по Требованию, 2023. – 48 с.

ISBN 978-5-458-39105-4

Настоящий очерк, охватывающий рефракцию, аккомодацию и подбор очков, представляет собою краткое изложение части курса, читанного мною последовательно четырем семестрам прикомандированных врачей в Глазной клинике Казанского государственного института для усовершенствования врачей. Руководство не претендует на оригинальность, хотя и представляет некоторые особенности, и преследует чисто практическую цель — дать справочник для тех слушателей, которые хотели бы повторить слышанное на лекциях, семинарах и практических занятиях.

ISBN 978-5-458-39105-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

то она даст действительное изображение в точке В, и, наоборот, светящаяся точка В даст действительное изображение в точке L. Точки L и В, обладающие тем свойством, что светящаяся точка, помещенная в одном из них, дает изображение в другой, называются *сопряженными*.

Упомянутые термины (оптический центр, фокусные расстояния и др.), поясненные на примере двояковыпуклых стекол, применимы и к двояковогнутым стеклам. Мы не приводим параллельных чертежей лишь в целях упрощения.

Кардинальные точки глаза. В сложной оптической системе глаза в целом существует три пары кардинальных точек: две главных точки (в передней камере), две узловых точки (в хрусталике) и два главных фокуса, передний (первый) и задний (второй) (рис. 5).

Плоскости, проведенные через обе главные точки перпендикулярно к оптической оси, называются *главными* плоскостями. Глав-

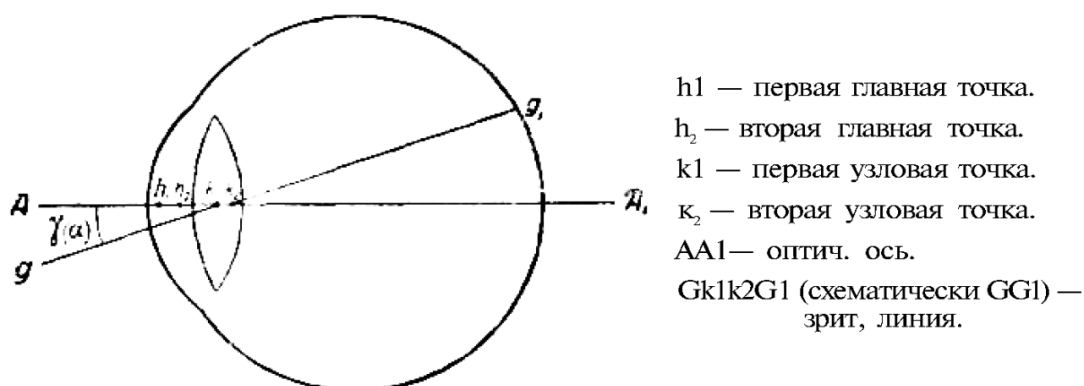


Рис. 5.

ные плоскости характеризуются тем, что изображения в них имеют одинаковую величину и одинаковое направление.

Узловые точки обладают тем свойством, что луч, направляющийся к первой узловой точке, выходит после преломления через вторую узловую точку в направлении, параллельном первоначальному.

Главные фокусы—точки, в которых соединяются параллельные оптической оси лучи по преломлении; параллельные лучи, идущие в глаз, соединяются в заднем фокусе, а идущие из глаза — в переднем фокусе.

Прямая линия AA₂, проходящая через обе главные, узловые и фокусные точки, есть *оптическая ось* глаза, а ломаная линия Gk₁k₂G₁ (практически рассматриваемая как прямая линия GG₁), соединяющая объект зрения с желтым пятном, есть *зрительная линия*.

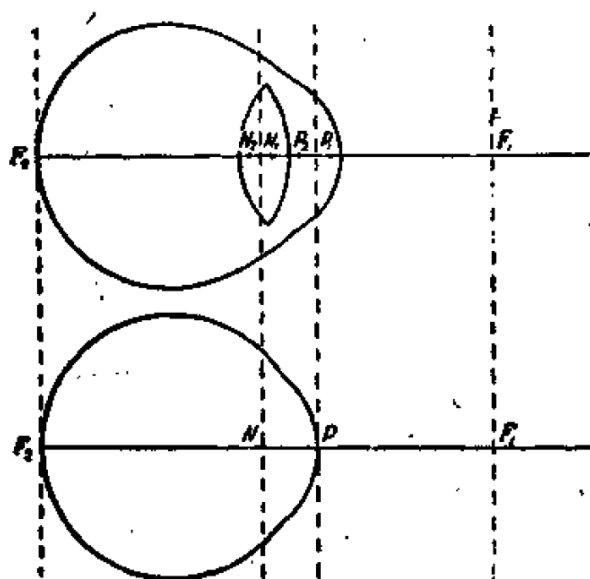
Оптическая ось AA₁ и зрительная линия GG₁ образуют при пересечении угол γ (а)*).

Схематический глаз. Взаимное положение кардинальных точек в каждом глазу подвержено индивидуальным колебаниям, поэтому для упрощения вычислений предложено было пользоваться

*) Такое определение угла γ (а) в строго математическом отношении неточно, но допускаемая таким образом ошибка, не имеет практического значения.

средними цифрами от измерений нескольких глаз. Такой глаз называется схематическим (схематический глаз *Listtng'a*, *Helmholtz'a*).*

Редуцированный глаз. Цифры в схематическом глазу оказались, однако, громоздкими. Поэтому возникла мысль — в целях упрощения вычислений считать обе главные точки за одну и обе узловых точки за одну. В упрощенной конструкции, предложенной *Listtng'oM*, передний и задний главные фокусы имеют такое же положение, как в схематическом глазу, но преломление лучей условно происходит только в одной кривой поверхности, которую называют „приведенной“ роговой оболочкой (рис. 6).



Схематический глаз.

P1P2 — главные точки.

N1N2 — узловые точки.

Редуцированный глаз.

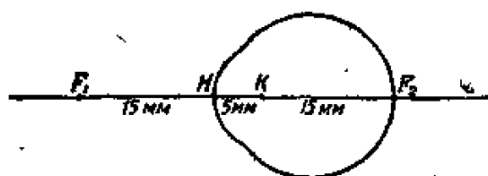
Рис. 6.

С введением редуцированного глаза вычисление взаимного положения основных точек в глазу сильно упростилось. Очень удобный для вычисления глаз предложен *Donders'oM***).

*) Положение кардинальных точек в схематическом глазу (расстояния вычислены от передней поверхности роговицы):

Первый главный фокус	на 13,75 мм	впереди от передн. поверх, роговицы
Второй	22,83 мм	позади
Первая главная точка	1,75 мм	
вторая	2,12 мм	
Первая узловая точка	6,96 мм	
Вторая узловая точка	7,93 мм	

**) В его редуцированном глазу положение кардинальных точек таково: главная точка совпадает с центром передней поверхности „приведенной“ роговицы; узловая точка совпадает с центром кривизны „приведенной“ роговицы и находится в 5/мм позади от вершины роговицы; передний главный фокус лежит в 15 мм впереди от вершины роговицы, а задний главный фокус — в 15 мм позади от узловой точки (рис. 7).



F₁ — передний главный фокус.

H — главная точка.

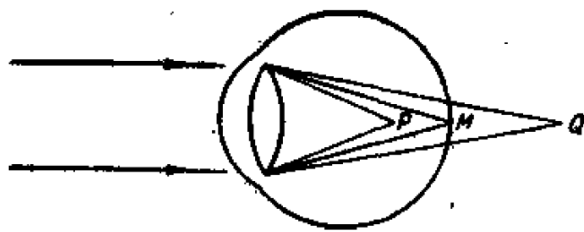
K — узловая точка.

F₂ — задний главный фокус.

Глаз как камер-обскура. Изображения предметов на сетчатке получаются, как в камер-обскуре — действительные и обратные. Почему же мы видим предметы в прямом виде, а не в обратном? Оказывается, первые зрительные впечатления ребенка и бывают обратными, но вскоре устанавливаются тесные взаимоотношения между его зрительными впечатлениями и ощущениями от других органов чувств, особенно осязания. Ребенок начинает корректировать свои зрительные впечатления ощупыванием предметов и научается так! Им путем истолковывать (интерпретировать) изображения!, получаемые на сетчатке. Таким образом, мы видим предметы в прямом виде потому, что научились проецировать в пространство изображения предметов на сетчатке по ходу лучей.

Три типа рефракции. Если задний фокус лежит на сетчатке, то такой глаз называется эметропическим (Е). При миопии (близорукости) задний фокус не доходит до сетчатки, а при гиперметропий (дальнозоркости) он оказывается позади сетчатки (рис. 8).

а) Гиперметроп (Н) без коррекции может ясно видеть только в том случае, если в его глаз попадут лучи сходящиеся. Но та-



Параллельные лучи, направленные в глаз, пересекутся:
в точке М при эметропии,
в точке Р при миопии и
в точке Q при гиперметропий.

Рис. 8.

ких лучей в природе нет. Источником их мы можем лишь представить себе мнимую точку, находящуюся в месте продолжения этих расходящихся лучей. Поэтому и говорят, что у гиперметропа дальнейшая точка ясного зрения находится „по ту сторону бесконечности“. Параллельные же лучи, идущие от далекого предмету в глаз гиперметропа, не могут соединиться на его сетчатке, так как задний главный фокус гиперметропа находится позади его сетчатки. Чтобы последний очутился на сетчатке, нужно превратить параллельные лучи в сходящиеся. Этого можно достигнуть, поставив перед глазом двояковыпуклую чечевицу.

б) Миоп (М) может ясно видеть, если в его глаз попадут лучи расходящиеся, параллельные же лучи соединятся впереди сетчатки, поэтому миоп не может различать далеких предметов. Чтобы задний главный фокус очутился на сетчатке, нужно превратить идущие в глаз параллельные лучи в расходящиеся. Этого можно достигнуть, поставив перед глазом миоп двояковогнутое стекло соответствующей силы.

Понятие о кругах светорассеяния. Итак, как при гиперметропий, так и при миопии параллельные лучи, идущие в глаз из бесконечно далекой точки, не дают на сетчатке изображения точки. Эти лучи, преломившись в хрусталике, имеют далее направление конуса, вершина которого и представляет собой задний главный фокус.

При гиперметропии этот фокус, как мы видели, находится позади сетчатки, а в месте пересечения этого конуса с сетчаткой получается на сетчатке круг. Если светящихся вне глаза точек много, то от каждой получается на сетчатке круг. Это и есть круги светорассеяния. Чем сильнее гиперметропия, тем больше и круги светорассеяния.

При миопии такие же круги светорассеяния получаются на сетчатке от пересечения с сетчаткой лучей, составляющих продолжение лучей, собирающихся в заднем главном фокусе. Чем сильнее миопия, тем больше и круги светорассеяния.

На круги светорассеяния оказывает также влияние ширина зрачка. Так как периферические части хрусталика преломляют сильнее, чем центральные, то при широком зрачке создаются условия для возникновения сферической аберрации, которая также вызывает круги светорассеяния. Вот почему миоп старается преградить доступ в глаз лучам, проходящим через периферические части зрачка, и щурит для этого глаза.

Понятие о диоптрии. Как гиперметропия, так и миопия могут быть различных степеней и могут быть выражены в определенных величинах. Для этого пользуются диоптрийным исчислением. Оптическая сила стекла измеряется, по предложению Монуайе, величиной, обратной фокусному расстоянию. Эта величина названа им диоптрией. В качестве единицы измерения берется стекло с фокусным расстоянием в 1 метр, преломляющая сила которого $=1/f=1$, т. е. одной диоптрии ((1,0 D). Если взять, например, стекло с фокусным расстоянием в 4,0 метра, то его преломляющая сила $= 1/4 = 0,25D$. Что касается гиперметропической и миопической рефракции глаза, то она определяется оптической силой того стекла, которое корригирует его до эметропии. Например, Н в 5,0 D означает, что со стеклом convex 5,0D такой глаз становится эметропическим. М в 6,0D означает, что для корригирования до эметропии к глазу надо приставить стекло concave — 6,0 D.

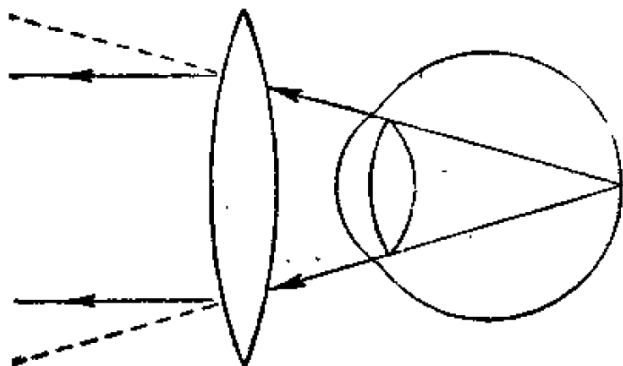
Ход лучей из глаза. Понятие о дальнейшей точке ясного зрения. При различных рефракциях различен также и ход лучей, идущих из глаза наружу. Примем сетчатку за источник света. Очевидно, что если сетчатка принадлежит эметропическому глазу, то лучи выходят из глаза параллельными и обратно: лучи, исходящие от бесконечно далекого предмета и принимаемые за параллельные, преломятся в оптической системе глаза и пересекутся на сетчатке. Мы говорим поэтому, что дальнейшая точка ясного зрения у эметропа находится в бесконечности. В гиперметропической глазу лучи, исходящие из сетчатки, берут начало из точки, лежащей внутри фокусного расстояния (так как задний главный фокус в таком глазу находится позади сетчатки), поэтому они будут выходить из глаза расходящимися.

Чтобы сделать расходящиеся лучи, идущие из сетчатки гиперметропического глаза, параллельными, нужно собрать их, т. е. поставить перед глазом двояковыпуклую чечевицу (рис. 9).

Если придать расходящимся лучам, идущим из сетчатки, обратное направление, т. е., по направлению в глаз, они станут тогда сходящимися, пересекутся на сетчатке и вызовут возбуждение ее

светочувствительных элементов. Но сходящихся лучей в природе нет, они исходят только из мнимой точки, находящейся по ту сторону бесконечности. Следовательно, дальнейшая точка ясного зрения гиперметропа находится по ту сторону бесконечности.

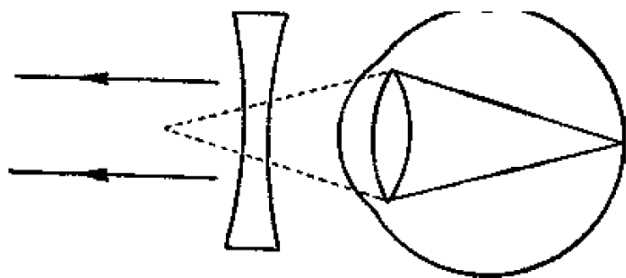
В миопическом же глазу лучи, исходящие из сетчатки, берут начало из точки, лежащей вне фокусного расстояния (задний фокус при миопии не доходит до сетчатки), поэтому они будут вы-



ход световых лучей из сетчатки гиперметропического глаза через двояковыпуклое стекло,

Рис. 9.

ходить из глаза сходящимися. Если перенести в то место, где эти лучи сходятся, светящуюся точку, то по закону сопряженных точек изображение ее очутится как раз на сетчатке. Мы говорим поэтому, что дальнейшая точка ясного зрения при миопии находится на конечном расстоянии от глаза. Чтобы сделать лучи, идущие из миопического глаза, параллельными, нужно рассеять их, т. е. поставить перед глазом двояковогнутое стекло (рис. 10).



Ход световых лучей из сетчатки миопического глаза через двояковогнутое стекло.

Рис. 10.

Офтальмоскопирование в обратном виде. Если осветить участок сетчатки офтальмоскопом, то из освещенного глаза будут выходить лучи, направление которых будет зависеть от рефракции пациента.

При эметропии, как мы видели, из глаза будут выходить параллельные лучи, при гиперметропии расходящиеся, а при миопии сходящиеся. Поставив перед глазом пациента сильное двояковыпуклое стекло, мы соберем лучи, идущие из глаза пациента, и получим действительное, увеличенное и обратное изображение освещенной части сетчатки, которое и воспринимается врачом через отверстие офтальмоскопа. Практически поступают так: врач усаживается перед пациентом на расстоянии примерно 40 см, а источник света устанавливается позади левого уха пациента.

Осветив офтальмоскопом исследуемый глаз, врач ставит перед ним на расстоянии от него 7-8 см двояковыпуклое стекло в 13,0 D и затем аккомодирует к воздушному изображению, которое находится впереди лупы на 7 (приблизительно) см. Так как изображение находится от врача на расстоянии $(40 - 7 - 7) = 26$ см, то последний, если он пресбиоп, должен корректировать свою пресбиопию. Если перед глазом пациента вместо лупы в 13,0 D поставить лупу большей силы, например 20,0 D, то будет виден больший участок глазного дна, но детали будут менее увеличены. Наоборот, с лупой меньшей силы можно охватить меньший участок глазного дна, но зато детали будут лучше различимы.

АККОМОДАЦИЯ.

Понятие об аккомодации. Параллельные лучи, идущие в глаз эметропа, соединяются как раз на его сетчатке. У миопы задний главный фокус находится, как мы уже говорили, 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 чечевица. На практике, однако, мы видим, что наши рассуждения верны лишь в отношении миопов, гиперметропы же нередко обходятся при взгляде вдаль без двояковыпуклых стекол. Чем же это объясняется? 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.

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

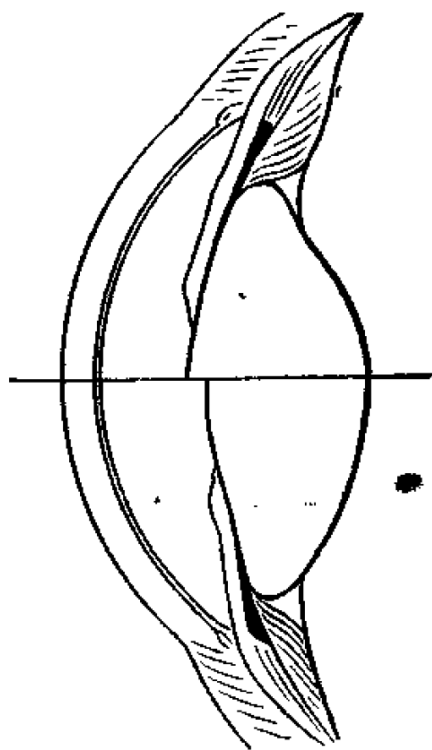
последней преломляющая способность глаза увеличивается (мы говорим тогда, что глаз аккомодирует), а при ее расслаблении уменьшается (мы говорим в этом случае о расслаблении аккомодации).

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 (рис. 11).

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 *convex* 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 *convex* также должен был бы находиться в беспомощном состоянии, так как па-



Верхняя половина хрусталика изображена в момент аккомодации глаза, а нижняя при расслаблении аккомодации.

Рис. 11.

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 *convex* 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 приспособляться. 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 нехватит, 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 вообще не будет аккомодировать, так как преломляющая сила в 3,0 D соответствует фокусному расстоянию $\frac{100}{3} \text{ см} = 33 \text{ см}$. 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.

Составим теперь таблицу аккомодации при разных типах рефракции для дали и близи.

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 да-

лее 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.

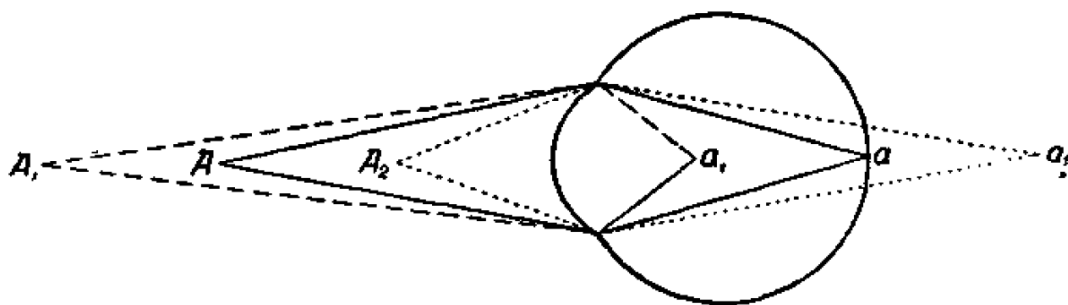


Рис. 12.

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 сопсаве — он все же будет ясно читать. Очевидно, что в данном случае он напрягает свою аккомодацию настолько, чтобы преодолеть поставленные перед его глазами стекла сопсаве. 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 двояковогнутое 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 сопсав 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.

Возможно ли при аккомодации ясное видение нескольких точек, находящихся на различном расстоянии от глаза?

Во время акта аккомодации можно ясно видеть только на определенном расстоянии. При установке глаза к какой-нибудь точке А, находящейся на определенном расстоянии от глаза, на сетчатке не получится ясных изображений от точек A_1 и A_2 , которые дадут на сетчатке круги светорассеяния (рис. 12).

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, *в*—тоже прямое, лежит на передней поверхности хрусталика и третье, *с*—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 (рис. 13).

3) Вследствие увеличения толщины хрусталика зрачковая часть радужки, покоящаяся на передней поверхности у капсулы хрусталика, перемещается кпереди.



Рис. 13.

4) Глубина передней камеры уменьшается.

5) Угол передней камеры становится более острым.

6) Зрачок суживается.

7) Зрительные линии сходятся (глаза конвергируют).

Почему аккомодация сопровождается сужением зрачка и конвергенцией? Объясняется это близким расположением по соседству центров, заведывающих конвергенцией, аккомодацией и сужением зрачка, вследствие чего раздражение одного центра передается и на соседние (рис. 14).

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.

Можно ли неодинаковым напряжением аккомодации в обоих глазах выравнять неодинаковую рефракцию глаз (анизометропию)? Возьмем конкретный пример: в одном глазу гиперметропия в 1,0 D, а в другом гиперметропия в 3,0 D. Можно ли допустить