

## Аккомодация и внутриглазное давление Чорный В. Н.

Чорный Виталий Николаевич / Chornyy Vitaly Nikolaevich – инженер исследователь, военный пенсионер, г. Барнаул

**Аннотация:** в статье анализируются взаимодействие аккомодации при внутриглазном давлении.

**Abstract:** the article analyzes the interaction accommodation and intraocular pressure.

**Ключевые слова:** аккомодация, внутриглазное давление.

**Keywords:** accommodation, intraocular pressure.

В статье приведено физико-математическое обоснование аккомодации, которое зависимо от изменяемого внутриглазного давления, а не только от расслабления цилиарной мышцы, как сейчас трактуют по теории Г. Гельмгольца. В этой статье объединены теории об аккомодации Г. Гельмгольца с теорией У. Бейтса. В настоящее время преподавание о зрении в учебных заведениях ведётся неверно, так как глаз - это гидродинамический сосуд, который легко и быстро при аккомодации управляется через гидродинамические свойства глаза. Данная статья, в первую очередь, предназначена молодым пытливым людям.

Прочтя заголовок статьи, скептики скажут: «Причём здесь аккомодация и внутриглазное давление?»

Давайте не будем спешить с выводом, не дочитав статьи.

### **Две теории**

В мире сейчас существует два основных взгляда на аккомодацию, которые противоречат друг другу. Главная и общепринятая теория об аккомодации - это теория Г. Гельмгольца. И другой взгляд на аккомодацию - это недоказанная теория У. Бейтса.

В данной статье я предложу свой взгляд на аккомодацию глаза, при этом теории Г. Гельмгольца и У. Бейтса не будут противоречить друг другу, а, наоборот, объединяться и дополнять одна другую.

Начиная эту статью, я хотел бы вначале сформулировать: «Что из себя представляет глаз с точки зрения физиологии?» А также в моем философском понимании.

Глаз можно представить как **гидродинамический, уравновешенный сосуд, шарообразной или эллипсоидальной формы, способный собирать, формировать и передавать световое излучение.** Формулировка проста и понятна. Почему гидро - потому что основная масса тела это вода. Почему динамический - потому что постоянно находится в движении. Почему уравновешенный - потому что в состоянии покоя не меняет своей формы. Почему шарообразной или эллипсоидальной формы - потому что шар или эллипсоид - идеальные фигуры, находящиеся под давлением изнутри и пригодные для математического представления. Обо всём остальном вы уже всё знаете сами из школьной программы по анатомии. А теперь вернёмся к существующей теории по Г. Гельмгольцу.

*«При покое аккомодационной мышцы волокна цинновой связки натянуты, хрусталик имеет сплюснутую в передне-заднем направлении форму двояковыпуклой линзы. Когда нужно усилить преломляющую силу глаза, рефлекторно сокращается цилиарная мышца, уменьшается натяжение капсулы хрусталика, и он изменяет свою кривизну. Изменение кривизны хрусталика происходит в основном за счет его передней поверхности, которая становится более выпуклой. Одновременно с этим происходит сужение зрачка за счет синергизма общей для цилиарной мышцы и зрачка иннервации от глазодвигательного нерва, опускание хрусталика несколько книзу, некоторое уменьшение глубины передней камеры» [1, 5].*

Из данной формулировки, взятой из учебника, следует, что главный предмет при аккомодации это хрусталик. Вопрос? Какая сила заставляет хрусталик изменять свою форму? Или хрусталик обладает памятью первоначальной формы? А как же У. Бейтс? Его книгу я представляю как дневник личных наблюдений за время его профессиональной деятельности. Или по теории Г. Гельмгольца У. Бейтс является шарлатаном. В книге У. Бейтса есть уникальные наблюдения за пациентами, у которых отсутствовали хрусталики, и у которых он, при скиаскопии, наблюдал аккомодацию. Приведу пример из книги У. Бейтса.

*«Хорошо известно, что после удаления хрусталика из-за катаракты, глаз нередко способен аккомодировать точно так же, как и до операции. В своих исследованиях я наблюдал много таких случаев. Пациенты при этом не только читали шрифт диамант со своими очками для дали с расстояния 13, 10 и менее дюймов (труднее всего читать на очень маленьких расстояниях), но один пациент мог это делать вообще без очков. Во всех случаях ретиноскоп показывал, что происходит реальная аккомодация, осуществляемая не каким-нибудь из замысловатых способов, которыми обычно объясняется этот «неудобный» феномен, а точной подгонкой фокуса к соответствующим расстояниям» [2, 18].*

Из приведённого примера, я пришёл к выводу, что аккомодация происходит по-другому, не по теории Г. Гельмгольца.

(1. Н. Федоров, Н. С. Ярцева, А. О. Исманкулов «Глазные болезни». Учебник для студентов медицинских вузов. 2-е изд., гл. «Аккомодация».

2. Уильям Г. Бейтс. Гл. «Правда об аккомодации»).

### **Математическое обоснование**

Для математического обоснования составим условия для решения поставленной задачи. А условия будут таковы:

1. При аккомодации за кратчайший промежуток времени объём глаза не меняется.
2. Глаз имеет правильную шарообразную (почти сферическую) форму, диаметром примерно 24 мм. Длина его сагиттальной оси в среднем равна 24 мм, горизонтальной — 23,6 мм, вертикальной — 23,3 мм. Объём у взрослого человека в среднем равен 7,448 см<sup>3</sup>. Масса глазного яблока 7—8 г.

3. При исследованиях строения глаза было также замечено, что при аккомодации происходит удлинение сагиттальной оси.

4. Из составленных данных, вычислим возможные изменения длины сагиттальной оси, для этого воспользуемся формулой определения объёма шара или эллипсоида. Для простоты вычислений воспользуемся формулой вычисления объёма шара:

$$V = 4/3 * \pi * R^3.$$

Из этой формулы выведем диаметр или длину сагиттальной оси.

$$D_i = 3V / (2\pi * (R_o + b_i)^2); \quad (1)$$

Где: V – объём шара;

R<sub>o</sub> – радиус шара;

b = c;

Примем: радиусы b и c равны;

b<sub>i</sub> – изменения осей b и c.

Объём шара при R = 12.00 мм V = 7238.23 куб. мм.

Вычисления сформируем в таблице 1.

Таблица 1. Изменения сегетальной оси при изменении поперечных радиусов b и c

| № п/п | b <sub>i</sub> (мм) | D <sub>o</sub> (мм) | D <sub>i</sub> (мм) | D <sub>i</sub> = D <sub>i</sub> -D <sub>o</sub> (мм) | Примечание |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|--|------------|
| 1     | +0.10               | 24.00               | 24.41               | -0.41  |            |
| 2     | +0.05               |                     | 24.20               | -0.20  |            |
| 3     | 0                   |                     | 24.00               | 0.00   |            |
| 4     | -0.05               |                     | 23.80               | +0.20  |            |
| 5     | -0.10               |                     | 23.60               | +0.40  |            |
| 6     | -0.15               |                     | 23.41               | +0.59  |            |
| 7     | -0.20               |                     | 23.22               | +0.78  |            |

При рассмотрении таблицы 1 видим, что при изменении радиусов **b** и **c** на 0.10 мм длина **D<sub>i</sub>** увеличивается или укорачивается на 0.40 мм. В настоящее время таких измерений, как в таблице 1, нет. Из существующих есть только измерение толщины хрусталика, что при максимальной аккомодации хрусталик утолщается примерно на эту величину в 0.40 мм. В данном случае можно сделать вывод, что при аккомодации достаточно небольшого изменения вертикального и горизонтального радиусов, чтобы диаметр сагиттальной оси увеличивался или уменьшался в 4 раза. Но это ещё не всё. При изменении толщины хрусталика его объём также не меняется, а меняется только диаметр. Например, при переходе из расслабленного состояния в напряжённое, хрусталик уменьшится в диаметре с 4.00 мм до 3.69 мм. При постановке первоначальных опытов по определению аккомодации, изменение формы хрусталика сжатием к центру позволило утвердиться теории Г. Гельмгольца.

#### **О положении хрусталика**

Если рассматривать положение хрусталика, то он находится в сбалансированной среде глаза при отсутствии аккомодации, когда внутриглазное давление одинаково в обеих камерах, передней и задней. То есть, давление в передней камере между роговицей и хрусталиком и хрусталиком и сосудистой одинаково. Но также известно из физики, что жидкости не сжимаются или не меняют своего объёма, а могут менять форму. Глубина передней камеры - 3,0 мм. Измерений передней камеры нет, но есть наблюдения о том, что при аккомодации есть некоторое уменьшение её глубины. Это может говорить о том, что хрусталик изменил свою форму и занял другое положение, вытесняя жидкость передней камеры в стороны. Другая особенность хрусталика при аккомодации состоит в том, что он при изменении своей кривизны в передней поверхности меняет не только кривизну, но и диаметр с большего в меньшую сторону, как бы искривляясь и сжимаясь к центру. Это подтверждается математически. Остается одно, что сбалансировать систему, такую как глаз, удлинением сагиттальной оси возможно лишь с изменением внутриглазного давления (ВГД).

#### **Новый взгляд на аккомодацию**

В начале статьи я писал, что глаз является уравновешенным и сбалансированным сосудом шарообразной формы, который поддерживает свою форму благодаря своему внутриглазному давлению (ВГД). У каждого индивидуума своё внутриглазное давление, а может быть, и два, так как у индивидуумов два глаза. То есть, каждый глаз может иметь своё внутриглазное давление. И это бесспорно. А насколько изучено внутриглазное давление (ВГД), я думаю - недостаточно хорошо, а лишь поверхностно, в небольших пределах. У. Бейтс мог наблюдать явление аккомодации у пациентов, у которых отсутствовали хрусталики, только за счёт изменения длины сагиттальной оси. Встаёт вопрос, что могло менять длину сагиттальной оси? Рассмотрим всё по порядку. Хрусталик отсутствует. Цилиарная мышца не работает. Сжиматься нечему

и расслаблять нечего, по теории Г. Гельмгольца - сумки нет, в которой бы находился хрусталик. А что есть? Есть аккомодация. В данном случае аккомодация может быть только за счёт изменения внутриглазного давления, которое может меняться за счёт изменения формы глаза. То есть, глаз может менять шарообразность по сагиттальной оси, удлиняясь или укорачиваясь, за счёт изменения внутриглазного давления. При моём выступлении на ФФМ МГУ мне заявили, что гистологические исследования глаза настолько изучены, что там практически уже ничего не найти. А может, и не надо ничего искать. Всё лежит на поверхности. Предположим, что при аккомодации происходят изменения формы глазного яблока, повышается внутриглазное давление, удлиняется сагиттальная ось. Всё это за счёт чего? Я думаю, за счёт сокращения сосудистой оболочки глаза, но не всей, а лишь той части, которая расположена от хрусталика до жёлтого пятна. Эти изменения сагиттальных осей **b** и **c** могут быть настолько малы, что будет трудно их измерять в момент аккомодации. У. Бейтс в своей книге описывает невероятные воздействия атропина при глубоком введении в глаз, что вызывало полное расслабление мышцы. Остаётся вопрос. Какая мышца и где она находится, чтобы так воздействовать при аккомодации.

Для более полного понимания этого явления рассчитаем передаточный коэффициент давления. Чтобы его рассчитать, необходимо вычислить площадь, создающую давление, и площади, воспринимающие давление. Примерно: площадь хрусталика при диаметре 8 мм будет равна 50 кв. мм, площадь жёлтого пятна, примерно возьмём такую же, как площадь хрусталика - 50 кв. мм. Найдём площадь шара с радиусом 12 мм, которая будет равна 1810 кв. мм. Из площади шара вычтем площади, на которые воздействует давление, хрусталика - 50 кв. мм и жёлтого пятна - 50 кв. мм, получим площадь сосудистой, создающей давление, которая будет равна примерно 1710 кв. мм. Рассчитаем передаточный коэффициент усиления давления, а для этого поделим 1710 на 100, получим - примерно в 17 раз. Получаемое незначительное усилие, создаваемое сосудистой, способно менять длину сагиттальной оси. Но это не всё. Хрусталик делит глаз на две неравные части - переднюю камеру, где изменение внутриглазного давления воспринимается, и заднюю камеру, где создаётся изменяемое давление, которое воздействует на хрусталик, который либо выгибается в сторону передней камеры, либо втягивается в сторону жёлтого пятна. При этом роговица глаза также будет менять свою кривизну, но незначительно. Всё вроде бы понятно. А как будет происходить, когда отсутствует хрусталик? Без хрусталика глаз состоит из одной камеры, совмещённой из двух - передней и задней. Аккомодация в этом случае происходит также за счёт изменения формы того же участка сосудистой оболочки глаза, которая создаёт изменяемое давление, воздействуя на роговицу. Роговица также будет искривляться, удлиняя сагиттальную ось или втягивая роговицу в сторону жёлтого пятна, уменьшая её.

В практике офтальмологов не встречал описания присутствия аккомодации у людей с искусственными хрусталиками. Мне приходилось встречаться с людьми, у которых есть искусственные хрусталики. У одного мужчины, у которого заменили один хрусталик, говорил, что он теперь видит почти одинаково обоими глазами - что вдаль, что вблизи, что левым глазом, что правым. Только у него было одно замечание, что в том глазу, где стоит искусственный хрусталик, плавает какая-то «мушка», то вверх, то вниз, но со временем и «мушка» ушла куда-то. С ним разговаривал я после десяти дней после операции. Получается, что глаза по устройству у индивидуума могут быть разные, один глаз от природы двухкамерный, а другой однокамерный, который не может работать по теории Г. Гельмгольца, а работают они примерно одинаково. Для подтверждения моей теории об аккомодации, которая зависима из-за изменения внутриглазного давления, можно было бы получить подтверждение сбором статистических наблюдений на скиаскопию у пациентов с искусственными хрусталиками.

Аккомодация - это изменение внутриглазного давления. Изменение ВГД в задней камере глаза позволяет воздействовать на хрусталик с роговицей по их перемещению вдоль сагиттальной оси, с расслаблением цилиарной мышцы и изменением преломляющей силы оптической системы глаза.

### **Внутриглазное давление**

В настоящее время считается, что внутриглазное давление постоянное, и если меняется, то только с возрастными изменениями организма. А на самом деле внутриглазное давление, как рассмотрим ниже, постоянно меняется. Внутриглазному давлению в настоящее время уделено, как я считаю, мало внимания. Почему? Потому что в основном внутриглазное давление проверяется, когда есть какая-нибудь патология или предпосылка к глаукоме. А в том, что при бинокулярном зрении внутриглазное давление может быть разным и тем самым вызывать различные заболевания, о которых писал в своей книге дневнике У. Бейтс, не проверяется. Разница в давлении при бинокулярном зрении может приводить к разной форме и размеру глаз, а соответственно к разным видам заболеваний. Это может быть амблиопия, косоглазие, гиперметропия, миопия, астигматизм и другие виды глазных болезней, связанных с внутриглазным давлением. Внутриглазное давление – это один из показателей состояния зрения. Причиной тому может быть спазм сосудистой оболочки или её несоответствие оптической системе глаза в результате какого-то заболевания, не связанного с органами зрения. По результатам измерений внутриглазного давления и компьютерного анализа этих результатов можно будет выработать успешную тактику лечения этих заболеваний. По результатам измерений внутриглазного давления можно будет построить графики, которые могли бы выглядеть как на Рис. 1.

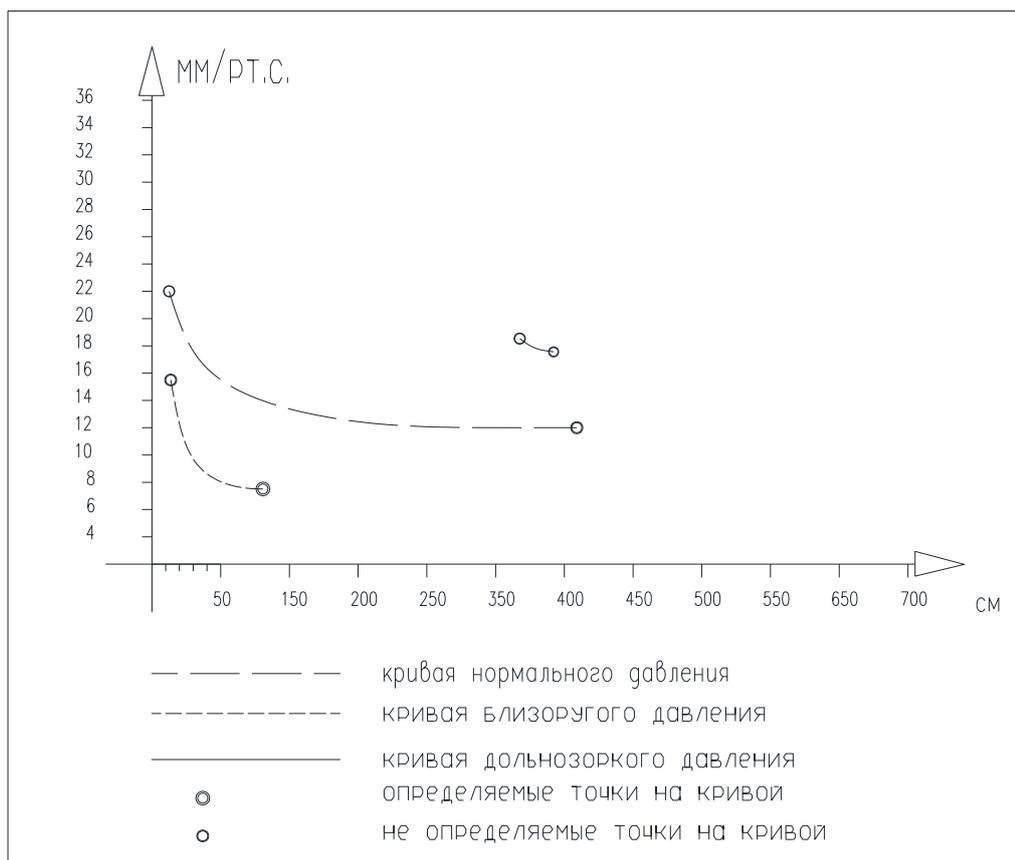


Рис. 1. Графики изменения внутриглазного давления от расстояния

Эти графики сейчас нужны для показательности. В дальнейшем, по результатам измерений, с компьютерной обработкой можно будет получать диагноз и тактику лечения этих заболеваний за очень короткое время. На этих графиках будет показана для каждого глаза точка максимального расслабления, когда глаз находится в уравновешенном состоянии. По результатам компьютерной диагностики будет возможно оперативно следить за ходом лечения заболевания и прогнозировать возможные изменения качества зрения.

#### **Краткие выводы**

Г. Гельмгольц в эпоху индустриализации разработал теорию тонкой линзы, что позволило человечеству получить дешёвую оптическую коррекцию зрения, которая успешно применяется по сегодняшний день.

Врачи офтальмологи-новаторы, такие как У. Бейтс, обратили внимание на несоответствие существующей теории об аккомодации глаза с практическими опытами, но не смогли найти научно обоснованного объяснения явлению аккомодации.

Новый взгляд на аккомодацию, который предложен мной, позволит пересмотреть точку зрения на многие заболевания, связанные с оптической коррекцией зрения. Позволит разработать и применить современные технологии в диагностике и в лечении этих заболеваний.

#### **Литература**

1. Федоров Н., Ярцева Н. С., Исманкулов А. О. «Глазные болезни». Учебник для студентов медицинских вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: 2005. 440 с.
2. Уильям Г. Бейтс. Улучшение зрения, 2010 г., с. 160. (OCR: Владимир Кривошук).