

УДК 617.753.3-089.24

## Коррекция астигматизма при зрении вдаль и вблизи

**Ринская Н.В.**, частнопрактикующий оптометрист, Москва.DOI: <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2019-1-46-51>*Конфликт интересов отсутствует.**Автор не получал финансирования при проведении исследования и написании статьи.***Для цитирования:** Ринская Н.В. Коррекция астигматизма при зрении вдаль и вблизи. Глаз. 2019;1:46-51.

Вследствие некорригированного астигматизма четкость формирующегося на сетчатке глаза человека изображения снижается, что способствует ухудшению качества зрения. Таким образом, четкого зрения добиться невозможно ни при взгляде вдаль, ни при взгляде на близко расположенные объекты. Подобная нечеткость при зрительных нагрузках способствует астенопии, головной боли, мигрени, снижению скорости чтения и в конце концов может стать причиной отставания ребенка или студента в учебе. Чтобы избежать подобных ситуаций, необходимо корригировать астигматизм даже

невысокой степени для того, чтобы создать условия, при которых бинокулярная система могла бы правильно работать. В первую очередь речь идет о взаимоотношениях между аккомодацией, конвергенцией и работой гетерофории. Только лишь в условиях эметропии, то есть при едином фокусе на сетчатке глаза, бинокулярная система сможет работать правильно, что снизит симптомы астенопии и зрительную нагрузку.

**Ключевые слова:** общий астигматизм, роговичный астигматизм, коррекция астигматизма, кросс-цилиндр Джексона, гетерофория.

## Astigmatism correction for distance and near vision

**Rinskaya N.V.**, private-practicing optometrist, Moscow.DOI: <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2019-1-46-51>*Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.***For citation:** Rinsky N. Astigmatism correction for distance and near vision. Glaz. 2019;1:46-51.

The clarity of the retinal image decreases as a result of uncorrected astigmatism. It contributes to the deterioration of the quality of vision and to a blurred vision. Thus, a clear vision can be achieved neither at distance nor when looking at nearby objects. Such blurry vision leads to asthenopia, headache, migraine, decreased reading speed and finally can become a cause of learning difficulties for a child or a student.

In order to avoid such difficulties, there is a need to correct even a low degree of astigmatism and thus

create the conditions under which the binocular system could work properly. First of all, we are talking about the correlation between accommodation, convergence and heterophoria, which should all work in cooperation. Only in conditions of emmetropia, i.e. single focus on the retina, the binocular system can work correctly, reducing symptoms and visual overload.

**Keywords:** total astigmatism, corneal astigmatism, correction of astigmatism, Jackson Cross Cylinder Test, heterophoria.

Астигматизм является оптическим дефектом, при котором снижение остроты зрения вызвано невозможностью для оптической системы глаза собирать на сетчатке световые лучи в единый четкий фокус. Распространенность астигматизма, по данным различных исследований, варьируется в значительной степени: от 0,3% в Таиланде до 91,9% в Бенине [Hashemi H. et al. *Global and regional estimates of prevalence of refractive errors: systematic review and meta-analysis. J Curr Ophthalmol. 2018;30:3e22*]. Если обобщить, можно сказать, что астигматизм встречается очень часто и его ни в коем случае нельзя игнорировать при подборе коррекции зрения.

Термин «астигматизм» («отсутствие стигмы», то есть «точки») ввел в обращение британский ученый доктор Уильям Уэвелл (Dr. William Whewell, 1794–1866).

Однако впервые астигматизм был открыт еще за 150 лет до этого гениальным ученым Исааком Ньютоном. В своей работе «*Lectiones Opticae*», посвященной астигматизму с косыми осями, которую Ньютон представил в Кембриджском университете в 1670 г., он отметил, что в астигматическом глазу существуют два основных фокусных центра. Он также предложил термин «круг наименьшего светорассеяния» – Circle Of Least Confusion (COLC), про который писал: «...Мы должны принять за изображение отдельную точку, занимающую центральную позицию всего того света, который идет от мишени в глаз, и лежащую приблизительно посередине между двумя фокусами...».

Наиболее распространенной причиной астигматизма принято считать торическую форму передней поверхности роговицы (роговичный астигматизм) (рис. 1). Роговица имеет намного большую силу пре-

ломления, чем вторая биологическая линза глаза – хрусталик. Большая преломляющая сила роговицы объясняется значительной разницей в коэффициентах преломления воздуха и роговицы. В результате световой луч при переходе из воздуха в роговицу через слезную пленку подвергается наибольшему преломлению. Если торической является передняя поверхность роговицы, то в этом случае имеет место *передний корнеальный (роговичный) астигматизм*, чаще всего он бывает прямого типа (with-the-rule).

Существует и *задний корнеальный астигматизм*, обусловленный торической формой задней поверхности роговицы.

Астигматизм, причиной которого не является передняя поверхность роговицы, в оптометрии называется *резидуальным* (от лат. residuus – оставшийся, сохранившийся). Причинами резидуального астигматизма могут быть:

а) задняя поверхность роговицы; в этом случае чаще всего наблюдается астигматизм обратного типа (against-the-rule);

б) торическая форма хрусталика и/или его наклон (хрусталиковый астигматизм);

в) отсутствие сферичности сетчатки и пр.

При *хрусталиковом астигматизме* торическими могут быть как передняя, так и задняя поверхности хрусталика. Кроме того, астигматизм может возникнуть вследствие наклона хрусталика: при физиологическом наклоне хрусталика в  $3-7^\circ$  по вертикали и  $3^\circ$  по горизонтали будет наблюдаться астигматизм обратного типа силой около 0,25 дптр. Хрусталиковый астигматизм в подавляющем большинстве случаев не оказывает сильного влияния на рефракцию глаза, так как обычно он слабой степени и имеет тип, противоположный роговичному астигматизму (согласно исследованиям Дюка-Элдера и Дэвида Абрамса [Duke-Elder, David Abrams]). То есть если роговичный астигматизм прямого типа, то хрусталиковый чаще всего – обратного. В этом случае хрусталиковый астигматизм в некоторой степени даже «компенсирует» роговичный, уменьшая общий астигматизм глаза.

Фовеа (ямка желтого пятна сетчатки) также может быть причиной астигматизма. Еще Альвар Гульстранд (Allvar Gullstrand, 1862–1930) обнаружил, что фовеа не находится на оптической оси (зрительная ось проходит не через вершины преломляющих поверхностей, а немного ниже и назальнее). Если угол между зрительной и оптической осями составляет  $5^\circ$ , то возникает астигматизм с косыми осями силой 0,1 дптр.

Способствовать возникновению астигматизма могут также наклон сетчатки, абберации стекловидного тела и пр.

Необходимо отметить, что в оптометрии и офтальмологии в различных странах термин «резидуальный астигматизм» понимается по-разному. Например, в отечественной оптометрии общий астигматизм глаза делят всего лишь на роговичный и хрусталиковый:

$$\text{Общий астигматизм} = \text{роговичный} + \text{хрусталиковый}.$$

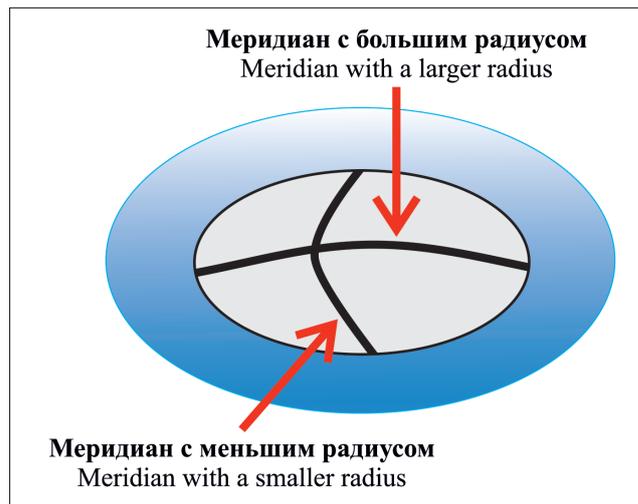


Рис. 1. Главные меридианы роговицы  
Fig. 1. The main meridians of the cornea

А под резидуальным (так же, как и в некоторых странах) понимают индуцированный или остаточный астигматизм, возникающий после рефракционных операций, имплантации ИОЛ, а также использования контактных линз.

Мы же, как это принято во многих странах, будем придерживаться следующей формулы:

$$\text{Общий (тотальный) астигматизм} = \text{астигматизм передней поверхности роговицы} + \text{резидуальный астигматизм (задней поверхности роговицы, влаги передней камеры, хрусталика, стекловидного тела, сетчатки)}.$$

#### Симптомы астигматизма:

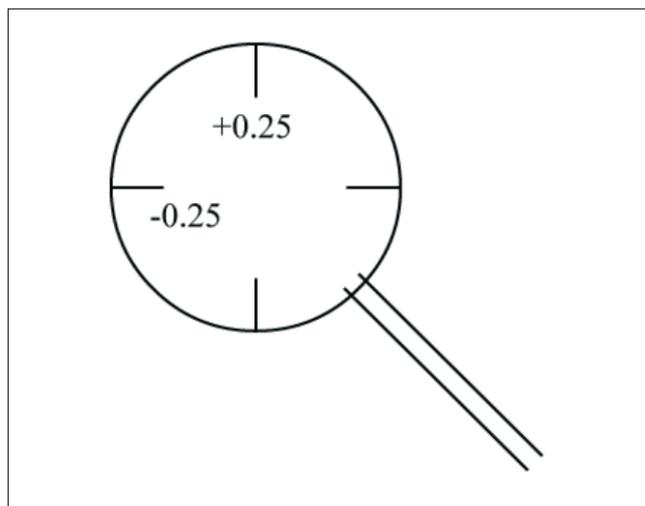
- нечеткость изображения как при зрении вдаль, так и на близком расстоянии;
- при визометрии пациент путает буквы и цифры (особенно Н/К, М/И, 6/9, 3/8);
- прямые линии воспринимаются как изогнутые;
- головные боли;
- астенопия.

Астигматизм корригируется с помощью кресс-цилиндров. Кресс-цилиндр – комбинация двух plano-цилиндрических линз одинаковой силы, но различных знаков (рис. 2). Оси цилиндров взаимно перпендикулярны.

#### Тест с кресс-цилиндром (Jackson Cross Cylinder Test, JCC)

При коррекции астигматизма необходимо в первую очередь определить ось корригирующего цилиндра. Использование кресс-цилиндра позволяет определить ее с точностью до  $1^\circ$ . Только после определения оси корригирующего цилиндра проводится уточнение его оптической силы.

Прежде чем приступать к определению корригирующего цилиндра, необходимо подобрать наилучшую сферу, т. е. максимально положительную

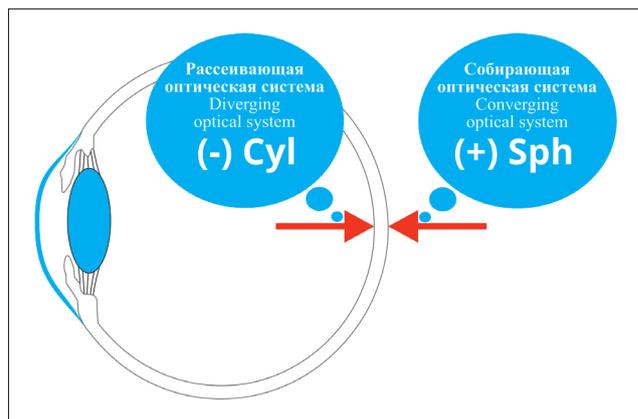


**Рис. 2.** Кросс-цилиндр Джексона  
**Fig. 2.** Jackson Cross Cylinder

сферическую коррекцию, дающую максимальную остроту зрения. Наилучшая сфера устанавливает коноид Штурма таким образом, что перед сетчаткой оказывается передняя фокальная линия, а за сетчаткой задняя фокальная линия. На сетчатке глаза оказывается круг наименьшего светорассеяния, при этом обе фокальные линии находятся на равном расстоянии от сетчатки глаза. Если данное условие не выполняется, то ошибок в определении корригирующего цилиндра не избежать, и выписанная пациенту коррекция будет неправильной.

Существующие кресс-цилиндры бывают различной оптической силы:  $\pm 0,25$ ,  $\pm 0,5$ ,  $\pm 0,75$ ,  $\pm 1,0$  дптр и т. д. Кресс-цилиндр  $\pm 0,25$  дптр используется на всех этапах работы, если острота зрения пациента 0,6 и выше. Кресс-цилиндр силой  $\pm 0,5$  дптр используется только тогда, когда у пациента низкая острота зрения (ниже 0,6) и он не способен почувствовать разницу в изображениях при использовании кресс-цилиндра силой  $\pm 0,25$  дптр. Следует помнить, что проводить исследование слабовидящих пациентов на фороптере не рекомендуется – в этом случае используются пробная очковая оправа и ручные кресс-цилиндры.

В описываемой методике коррекции астигматизма используется исключительно отрицательный корригирующий цилиндр. Использование положительного цилиндра при подборе астигматической коррекции невозможно по следующей причине. Перед началом коррекции астигматизма пациент должен находиться в условиях наилучшей сферы (один фокус перед сетчаткой глаза, а другой за ней, и оба фокуса находятся на равном расстоянии от сетчатки). Задача коррекции заключается в том, чтобы создать условия эмметропии: сформировать единый фокус на сетчатке. Для объединения двух фокусов необходимо один фокус двигать назад, используя рассеивающую минусовую линзу, а второй фокус двигать вперед, используя собирающую плюсовую линзу (рис. 3). При этом необходимо держать под



**Рис. 3.** Влияние положительных и отрицательных сфер/цилиндров на положение фокуса относительно сетчатки глаза

**Fig. 3.** The impact of positive and negative sphere/cylinder on focal position relative to the retina

контролем аккомодацию, не допуская ее напряжения. На аккомодацию сильнее действует сфера, а не цилиндр. Линза, способная расслабить аккомодацию, – это плюсовая линза. Поэтому для контроля (расслабления) аккомодации используется положительная сфера, а отрицательный цилиндр используется для коррекции астигматизма.

### Перерасчет силы сферы с учетом сферического эквивалента (сферозэквивалента)

Приступая к коррекции астигматизма, мы должны перед наилучшей сферой, находящееся в пробной оправе, установить корригирующий цилиндр. Если пациент до этого не использовал астигматическую коррекцию, то следует установить половину силы цилиндра, полученной при объективной рефракции (авторефрактометрии). Если пациент уже пользуется астигматической коррекцией и адаптирован к ней, то в пробную оправу устанавливается цилиндр, соответствующий цилиндру в его привычной коррекции. Ось корригирующего цилиндра устанавливается согласно оси, полученной при объективной рефракции (авторефрактометрии).

При установке в пробную оправу минусового корригирующего цилиндра необходимо пересчитать силу сферы (наилучшей сферы) и установить новую сферическую линзу. Для перерасчета используется принцип определения сферозэквивалента: при каждом увеличении силы цилиндра на  $-0,5$  дптр следует изменить значение сферы на  $+0,25$  дптр. При этом сначала следует скомпенсировать сферу, а потом менять (добавлять) минусовый цилиндр. Такая последовательность предотвращает переход пациента в гиперметропию и, вследствие этого, излишнюю аккомодацию.

В первую очередь осуществляется осевая проба с кресс-цилиндром, целью которой является выявление оси корригирующего цилиндра.

1. При высокой остроте зрения с наилучшей сферой (не ниже 0,6) предъявите пациенту тест «Группа точек» («Зернистость»). Если острота зрения ниже 0,6, следует предъявить пациенту оптотип округлой формы (кольца Ландольта, цифра 8 и пр.), который на 1–2 строчки крупнее наилучшей остроты зрения пациента.

2. Установите корригирующий цилиндр по оси в соответствии с данными авторефрактометрии, например,  $180^\circ$ .

3. Пересчитайте сферу с учетом сферэквивалента.

4. Объясните пациенту порядок проведения осевой пробы: «Я буду предъявлять Вам два варианта. Пожалуйста, скажите, в каком из этих двух вариантов точки выглядят более круглыми, более четкими и более контрастными: в первом, во втором или они одинаковые?».

5. Совместите рукоятку кресс-цилиндра с осью корригирующего цилиндра и скажите пациенту: «Это первый вариант» (рис. 4а).

6. Через 2–3 секунды поверните кресс-цилиндр вокруг своей оси и скажите пациенту: «Это второй вариант» (рис. 4б).

Ни в коем случае нельзя спрашивать пациента: «В каком положении лучше: так или так?». Пациент ответит: «Так». Как Вы поймете, какой из двух «так» пациент имеет в виду? Следует правильно задавать вопрос: «В каком из этих двух вариантов точки выглядят более круглыми, более четкими и более контрастными: в первом или во втором?».

#### Рекомендация автора

Если пациент не дает четкого ответа на вопрос, который ему задается, следует еще раз повторить вопрос: «Я предъявляю Вам два варианта. Скажите, пожалуйста, в каком из двух вариантов точки выглядят более круглыми, более четкими и более контрастными?».

Чем конкретнее поставлен вопрос, тем легче добиться адекватного ответа от пациента.

Если пациент говорит, что в одном варианте изображение вытягивается в одну сторону, а во втором – в другую, следует пресечь рассуждения пациента и повторить вопрос.

Следует сказать пациенту о том, что Вы знаете, что при приставлении кресс-цилиндра перед глазом качество зрения снижается, то есть через

кресс-цилиндр видно хуже, чем без него. Но необходимо решить, в каком положении изображения более четкие, или они уже одинаково нечеткие.

Кресс-цилиндр необходимо поворачивать вокруг своей оси только при помощи пальцев; кисть должна быть зафиксирована, не следует ею двигать при поворотах кресс-цилиндра. Для лучшей фиксации кисти можно упереть свой мизинец в пробную оправу, но не оказывать на нее давления.

7. После получения ответа от пациента измените ось корригирующего цилиндра, но не более чем на  $5^\circ$  (одно деление на пробной оправе).

8. Повторяйте осевую пробу до тех пор, пока пациент не перестанет различать разницу в изображениях при повороте кресс-цилиндра вокруг своей оси. Каждый раз после изменения оси корригирующего цилиндра рукоятку кресс-цилиндра следует совмещать с новой осью корригирующего цилиндра. Следовательно, в нашем примере мы изменили ось  $180^\circ$  на  $5^\circ$  градусов и теперь следует установить рукоятку кресс-цилиндра на ось  $5^\circ$ .

Если сила цилиндра составляет более 5,0 дптр, то ось цилиндрической линзы должна быть уточнена вплоть до одного градуса. При силе цилиндра менее 2,0 дптр допускается погрешность в определении оси до  $5^\circ$ . Чем точнее мы определим ось корригирующего цилиндра, тем меньше будет ошибка в коррекции. Ни в коем случае нельзя округлять полученный результат: если получена ось  $172^\circ$ , то именно ее нужно указать в рецепте. Если оптометрист, округлив, изменит результат на  $2^\circ$ , затем мастер-оптик допустит ошибку ещё в  $2^\circ$ , в сумме получится ошибка в  $4^\circ$ , что недопустимо.

#### Определение силы корригирующего цилиндра

Только после определения точной оси корригирующего цилиндра следует приступать к определению силы корригирующего цилиндра.

1. Пациент продолжает смотреть на тест «Зернистость» или на ту мишень, с которой была подобрана ось корригирующего цилиндра.

2. Задайте пациенту вопрос: «Я буду предъявлять Вам два варианта: пожалуйста, скажите, в каком из них точки выглядят более круглыми, более четкими и более контрастными, в первом или во втором?»

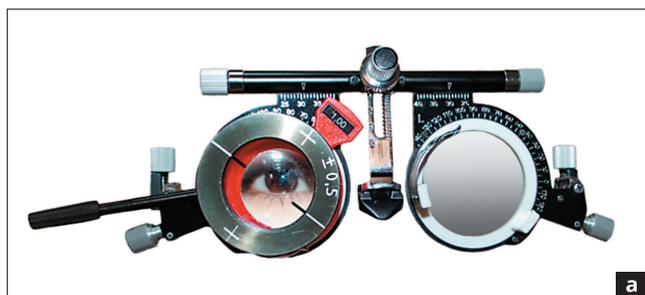


Рис. 4. Осевая проба: а – первое положение; б – второе положение  
Fig. 4. Axial test: а – the first position; б – the second position

3. Совместите силовую ось кресс-цилиндра (положительную или отрицательную) с осью корригирующего цилиндра (совмещается метка кресс-цилиндра с меткой корригирующего цилиндра) и скажите пациенту: «Это первый вариант». Например, в OD ось корригирующего цилиндра установлена на 180°. Совместите силовую ось кресс-цилиндра с данной осью (рис. 5а).

4. Через 2–3 секунды поверните кресс-цилиндр вокруг рукоятки и скажите пациенту: «Это второй вариант» (рис. 5б).

5. После получения ответа от пациента следует изменить силу корригирующего цилиндра на 0,25 дптр:

а) если мишень становится более четкой при совмещении отрицательной оси кресс-цилиндра, следует увеличить силу отрицательного корригирующего цилиндра, добавив к его значению -0,25 дптр;

б) если мишень становится более четкой при совмещении положительной оси кресс-цилиндра, следует уменьшить силу отрицательного корригирующего цилиндра, добавив к его значению +0,25 дптр.

6. Повторяйте силовую пробу до тех пор, пока пациент не перестанет видеть разницу в изображениях при повороте кресс-цилиндра вокруг оси.

7. Изменение силы корригирующего цилиндра на 0,5 дптр требует изменения силы сферы на 0,25 дптр, согласно правилу сферозквивалента. Это делается параллельно изменению цилиндра. Если сила отрицательного корригирующего цилиндра увеличилась на 0,5 дптр, следует изменить сферу на +0,25 дптр, а если сила отрицательного корригирующего цилиндра уменьшилась на 0,5 дптр, следует изменить сферу на -0,25 дптр.

**Пример**

Данные объективной рефракции: ось цилиндра 45°, сила -4,0 дптр.

Устанавливаем в пробную оправу корригирующий цилиндр -2,0 дптр по оси 45°, не забывая при этом изменить сферу на +1,0 дптр.

**Осевая проба.** Совмещаем рукоятку кресс-цилиндра с осью 45°, при этом метка отрицательной оси кресс-цилиндра находится на 90°, и говорим пациенту: «Это первый вариант». Через 2–3 секунды переворачиваем кресс-цилиндр так, чтобы теперь метка отрицательной оси кресс-цилиндра находилась на 180°. Говорим пациенту: «Это второй вариант». Пациент должен ответить нам, в каком положении – первом или втором – мишень видна четче.

Если кружочки теста «Зернистость» кажутся круглее в первом положении, следует изменить ось корригирующего цилиндра (сдвигаем ось корригирующего цилиндра в сторону отрицательной оси кресс-цилиндра), теперь ось будет находиться под углом 50°. Если кружочки теста «Зернистость» кажутся круглее во втором положении, ось корригирующего цилиндра устанавливаем под углом 40°.

Далее мы вновь совмещаем рукоятку кресс-цилиндра, но уже с новой осью корригирующего цилиндра – 50° или 40°, продолжая переворачивать кресс-цилиндр до тех пор, пока пациент не перестанет различать разницы в четкости изображений при поворотах кресс-цилиндра.

**Силовая проба.** Уточняем силу корригирующего цилиндра. Для этого совмещаем метку кресс-цилиндра с меткой корригирующего цилиндра. Сила корригирующего цилиндра на данном этапе равна -2,0 дптр.

Если мишень более четко видна при совмещении положительной оси кресс-цилиндра (черные или белые метки), следует уменьшить отрицательную силу корригирующего цилиндра, т. е. теперь сила корригирующего цилиндра равна -1,75 дптр. А если мишень видна более четко при совмещении отрицательной оси кресс-цилиндра (красные метки), следует увеличить силу цилиндра, т. е. теперь корригирующий цилиндр составит -2,25 дптр.

Повторяйте исследование, пока пациент не перестанет видеть разницу в четкости изображения при поворотах кресс-цилиндра, не забывая



Рис. 5. Силовая проба: а – первое положение; б – второе положение  
 Fig. 5. Power test: а – the first position; б – the second position

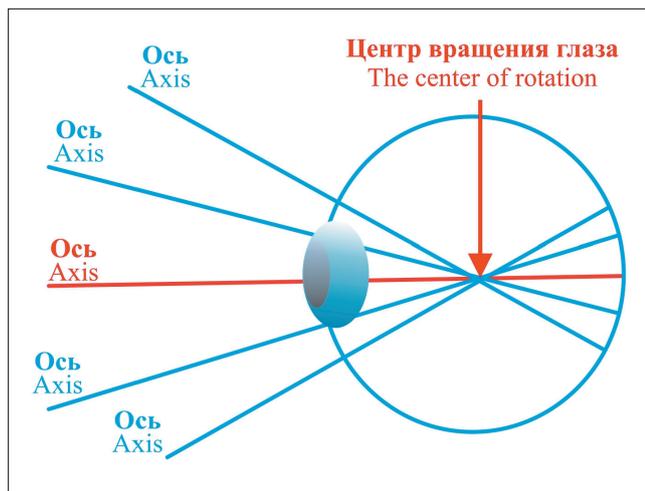


Рис. 6. Центр вращения глаза  
Fig. 6. The center of rotation of the eye

пересчитывать силу сферы в соответствии со сфероэквивалентом (два изменения силы корригирующего цилиндра требуют одного изменения силы сферы).

Следует помнить, что вращение глаза вокруг своего теоретического центра описывается двумя терминами.

Все движения глаз состоят из поворотов передней поверхности (центр роговицы, рис. 6) вокруг одной из геометрических осей Фика: горизонтальная (X) – подъем и опускание; переднезадняя (Y) – инторсия и эксторсия; вертикальная (Z) – аддукция и абдукция.

Оси X и Z проходят через экватор глазного яблока находясь на плоскости Листинга (рис. 7), а ось Y является сагиттальной осью, проходящей через зрачок, и является перпендикулярной плоскости Листинга. Все оси пересекаются в центре вращения глаза, при этом вертикальная ротация происходит вокруг оси X, горизонтальная – вокруг оси Z, а торсионная – вокруг оси Y.

Закон Дондерса: позиция глазного яблока при взгляде в определенном направлении в пространстве остается всегда одной и той же. Закон Листинга является расширением закона Дондерса: можно достичь всех направлений взгляда вращением вокруг одной из осей, которая пролегает на плоскости Листинга, при этом любое третичное направление взгляда имеет вертикальный и горизонтальный компонент, который вызывает определенную торсию.

Таким образом, при переводе от отдаленного объекта на близкорасположенный вместе с конвер-



Рис. 7. Оси Фика  
Fig. 7. Axes of Fick

генцией происходит инторсия, что приводит к изменению осей корригирующих цилиндров правого и левого глаза в среднем на 7-8°. Если оси корригирующих цилиндров при зрении на отдаленный объект были вертикальными, то при взгляде вблизи ось правого глаза уменьшится, а левого увеличится. Кроме изменения осей цилиндра меняется и его диоптрийность, так как вертексное расстояние (VD) будет различаться, и оно зависит от пантоскопического (РТ) наклона. Если РТ большой, то VD при зрении вблизи уменьшается, а если РТ маленький, то увеличивается. При изменении VD оптическая сила очковой линзы меняется.

Для того чтобы ось цилиндра в корригирующей линзе соответствовала реальной оси цилиндра с учетом всех движений глаза, включая торсионные, необходимо осуществлять пробу с кросс-цилиндром не только при зрении вдаль, но и при взгляде на близь. При этом в качестве мишени используется тест «Зернистость» в тестовой мишени для близости.

**Подготовлено по материалам книги:** Настольная книга оптометриста.

**Автор:** Ринская Наталья Вадимовна. 2018.

Поступила 25.01.2019

**Для контактов:**

Ринская Наталья Вадимовна, тел. 8(926)234-06-08