

Содержание

Авторы	6
Список сокращений и условных обозначений.	8
Введение	9
Анатомо-физиологическая характеристика оптической системы глаза и взаимодействующих с ней структур.	13
Острота зрения.	40
Оптическая система глаза	51
Рефракция глаза и ее аномалии. Принципы коррекции аметропии	58
Аккомодация и ее патология	76
Бинокулярное зрение и его «не норма»	90
Виды очковых линз	101
Алгоритм подбора очковой коррекции	111
Список литературы	184
Глоссарий	186

Введение

Происхождение очков окутано тайной, детали их изобретения остаются загадкой на протяжении веков. Существуют упоминания о применении полупрозрачных драгоценных камней в древности, около 5000 лет до нашей эры, для облегчения чтения. К XI в. эти «камни для чтения» претерпели модификации, став тоньше и удобнее для использования, в результате чего их начали подносить непосредственно к глазам. Затем они были усовершенствованы путем вставки в оправы с добавлением ручки для удобства удержания.

Роджер Бэкон, известный английский философ и ученый-естествоиспытатель, в 1267 г. отмечал, что специально подготовленные стекла способствуют улучшению восприятия мелкого текста у людей с ослабленным зрением. В 1270 г. в записях Марко Поло упоминается использование выпуклых стеклянных линз пожилыми китайцами для облегчения чтения. Тем не менее основная часть исследователей приходит к выводу, что первые оправы для исправления зрения, получившие название «occhiali» (в переводе с итальянского — очки), были созданы в Республике Венеция в последние десятилетия XIII в. Основой для их производства послужило мастерство венецианских мастеров, производивших чрезвычайно чистое стекло на острове Мурано.

В XIV в. знать Европы начала активно использовать очки. К XV в. эти предметы стали изображаться в европейском искусстве. Между концом XV и началом XVI в. были разработаны вогнутые линзы для коррекции дальнозоркости, известные как «очки для молодых».

В России первые упоминания очков датируются 1636 г., их называли «мелкозорами».

Со временем очки все больше завоевывали популярность, выходя за рамки простого корректирующего оптического инструмента для компенсации аномалий зрения.

В 1784 г. знаменитый американец, одновременно выдающийся в политике и изобретательстве, Бенджамин Франклин впервые создал бифокальные очки. Спустя несколько десятилетий, в 1825 г., Джордж Эйри, известный британский ученый в области математики и астрономии, представил мировой общественности цилиндрические линзы, предназначенные для исправления астигматизма.

В 1752 г. исследователь Джеймс Эскью начал эксперименты с кристаллами синего и зеленого цвета, целью которых было улучшение лечения определенных офтальмологических состояний. Неожиданным результатом этих исследований стало обнаружение их солнцезащитных свойств.

Помимо значительных прорывов, бóльшая часть общественности и специалистов в области офтальмологии высказывалась против данного изобретения. Очки порой описывали как «инструменты, проклятые демонами» или как «существа, истощающие зрение», и их часто ассоциировали с образами злых сил.

В XIX в. благодаря развитию научных исследований и пониманию природы различных оптических аномалий зрения восприятие коррекции зрения с помощью очков претерпело значительные изменения. До этого времени продажей очков занимались исключительно торговцы, но с появлением фундаментальных работ ученых вроде Германа фон Гельмгольца и Франса Корнелиса Дондер-

са в сфере коррекции зрения начали активно работать медицинские специалисты.

Следует подчеркнуть, что, несмотря на растущую популярность контактных линз, лазерной и хирургической коррекции зрительных дисфункций, использование очков для коррекции зрения остается актуальным до сих пор. Причины этого многочисленны и включают в себя высокую эффективность, безопасность использования и отсутствие прямого контакта с глазом, что делает очки предпочтительным способом коррекции для значительного числа людей, страдающих рефракционными аномалиями и другими заболеваниями глаз. Примерно 2,5 млрд человек глобально, или около 30% населения мира, используют очковую коррекцию, в то время как данные Совета по зрению США указывают на более внушительную цифру — более чем 4 млрд среди взрослого населения. В России количество людей, нуждающихся в коррекции зрения с помощью очков, достигает порядка 40 млн, и это число продолжает расти с каждым десятилетием. Факторы, способствующие этой тенденции, включают увеличение случаев миопии, старение населения, что объясняет повышенный спрос на коррекцию пресбиопии, всеобщее использование электронных цифровых устройств, признание значимости очков с ультрафиолетовой защитой и доступность офтальмологических услуг. Кроме того, последние модные тренды сделали очки не просто необходимостью, но и стильным аксессуаром, что также внесло вклад в их популярность.

Однако главным фактором, вызывающим ухудшение зрительной функции, являются неисправимые нарушения рефракции, для коррекции которых в подавляющем большинстве случаев эффективно применяются очки.

В 2021 г. Всемирная организация здравоохранения определила международную задачу: к 2030 г. добиться роста доступа населения к коррекции дефектов рефракции на 40%.

В первой половине XX в. развивающиеся условия медицины способствовали возникновению нужды в выделении внутри офтальмологии специализированного направления, известного как оптометрия. Профессионалы, задействованные в выборе очков и контактных линз для коррекции зрения, стали называться оптометристами. Это вызвало многочисленные дебаты относительно того, кто имеет право и квалификацию для выписывания корректирующих оптических устройств.

Данная книга направлена на поддержку офтальмологов и оптометристов в изучении и укреплении основ и стандартов коррекции зрения с помощью очков, а также в освоении процесса выбора подходящих очковых линз.

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЛАЗА

Глаз — это **сложная** оптическая система, которую составляют прекорнеальная слезная пленка, передняя и задняя поверхности роговицы, влага передней камеры, обе поверхности хрусталика, стекловидное тело. Перечисленные структуры имеют различную оптическую плотность, и, проходя через них, световые лучи меняют свой ход — преломляются.

О плотности оптической среды говорит показатель ее преломления — частное от деления скорости света в воздухе на скорость света в исследуемой среде. Так как по сравнению со скоростью распространения света в воздушной среде у всех остальных сред она ниже, то величина показателей преломления этих сред всегда будет превышать 1,0.

При переходе светового луча из одной среды в другую характер преломления будет зависеть от показателя преломления этих сред: если свет попадает из среды с низкой плотностью в среду, в которой плотность выше, то угол падения (α) будет больше угла преломления (β), если же ситуация обратная, то угол преломления (β) больше угла падения (α).

Если граница раздела сред не плоская, а сферическая, то изменение хода светового луча будет более выраженным — в случае прохождения света через «дуэт» «воздух—среда» угол преломления (β) существенно меньше по сравнению с таковым при переходе луча через плоскую поверхность.

При этом преломление света тем сильнее, чем «круче» сферическая зона раздела, то есть чем меньший радиус кривизны она имеет.

В целом преломляющая сила глаза зависит от показателей преломления ее компонентов, от радиусов кривизны передней поверхности роговицы и обеих поверхностей хрусталика, а также от расстояний между ними.

Известно математическое описание оптической системы среднего нормального человеческого глаза, предложенное шведским офтальмологом, лауреатом Нобелевской премии Альваром Гульстрандом, — так называемый схематический глаз. Он состоит из шести преломляющих поверхностей, которые разделяют семь сред. Данная схема оптической системы является достаточно точной, хотя некоторые параметры не соответствуют в полной мере таковым в живых глазах.

Говоря о кардинальных точках, следует отметить, что именно их расположением определяется ход световых лучей в оптической системе глаза. Таких точек шесть (**рис. 10**).

Фокусным расстоянием называется расстояние между узловой точкой и фокусом.

Главный фокус — это точка, в которой собираются параллельные лучи света после прохождения через оптическую систему глаза.

Незначительные расстояния в глазу между передними и задними главными, а также между передними и задними узловыми точками сделали возможным «объединение» каждой пары точек в одну:

- узловую точку, располагающуюся на заднем полюсе хрусталика (на расстоянии 7 мм от вершины

Кардинальные точки

Кардинальные точки			
Фокусные — точки, в которых пересекаются параллельно идущие лучи после их преломления в оптической системе глаза		Узловые	Главные
Передняя находится в месте, в котором после преломления собираются лучи света, идущие в глаз сзади (в 15–17 мм от роговицы)	Задняя находится в месте, в котором после преломления собираются лучи света, идущие в глаз спереди (в 23–24 мм от роговицы)	Точки, через которые проходящие лучи света не преломляются	Точки, с которых начинается преломление

Рис. 10. Кардинальные точки оптической системы глаза

роговицы — приблизительно соответствует наружной спайке век);

- главную точку, располагающуюся в передней камере (на расстоянии 2 мм за роговицей),

то есть послужили основой для создания схемы упрощенного — редуцированного глаза, представляющего собой **простую** оптическую систему с фокусным расстоянием, приблизительно равным:

$$24 (24,17) \text{ мм} - 7 \text{ мм} = 17 \text{ мм (рис. 11)}.$$

Представленные схемы в большей степени актуальны для среднего глаза. В реальной жизни указанные характеристики существенно варьируют.

Как мы уже говорили, для того чтобы изображение рассматриваемого объекта «попало» на центральную ямку сетчатки, глазодвигательный аппарат обеспечивает

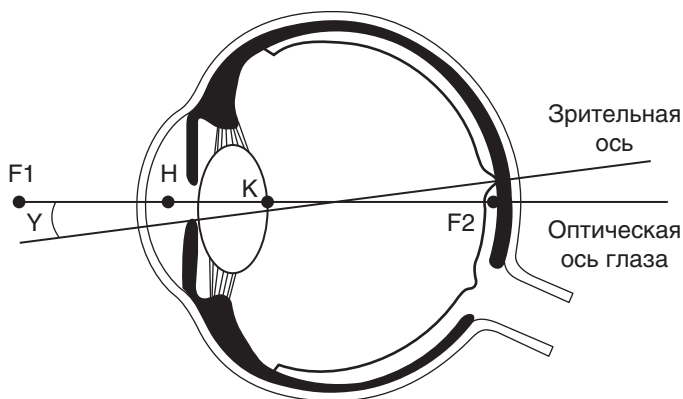


Рис. 11. Кардинальные точки редуцированного глаза: F1 — передняя фокусная точка; F2 — задняя фокусная точка; H — главная точка; K — узловая точка

поисковые движения глазных яблок. По достижении цели между объектом и центральной ямкой устанавливается связь в виде **зрительной линии/зрительной оси**. Эта линия не совпадает с **оптической осью глаза**, проходящей через центры зрачка, преломляющих поверхностей роговицы и хрусталика. Между ними образуется так называемый угол γ , в ряде случаев имитирующий наличие косоглазия. Такое сходящееся или расходящееся косоглазие называется мнимым или кажущимся (**рис. 12**).

Для мнимого косоглазия характерны:

- высокая острота зрения;
- локализация светового рефлекса от офтальмоскопа в равнозначных точках роговиц;
- отсутствие установочных движений глазных яблок;
- наличие БЗ.



Если зрительная ось
лежит медиальнее
оптической оси — угол гамма
положительный, мнимое
косоглазие — **расходящееся**

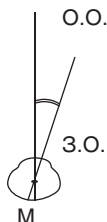


Схема образования
мнимого косоглазия

З.О. — зрительная ось,
О.О. — оптическая ось,
М — зона макулы



Если зрительная ось лежит
латеральнее оптической оси —
угол гамма отрицательный,
мнимое косоглазие — **сходящееся**

Рис. 12. Мнимое косоглазие

Помимо угла γ , превышающего 4° , к основным причинам мнимого косоглазия относят асимметрию лица и глазниц, наличие эпикантуса, гипертелоризм.

К недостаткам оптики глаза, так же как и к недостаткам оптических стекол, относят сферические и хроматические отклонения — аберрации.

Сферическая аберрация — это неодинаковая сила преломления световых лучей на различных расстояниях от центра оптической системы глаза.

Хроматическая аберрация — это различная степень преломления лучей с разной длиной волны: красный свет преломляется слабее, а синий — сильнее (**рис. 13**).

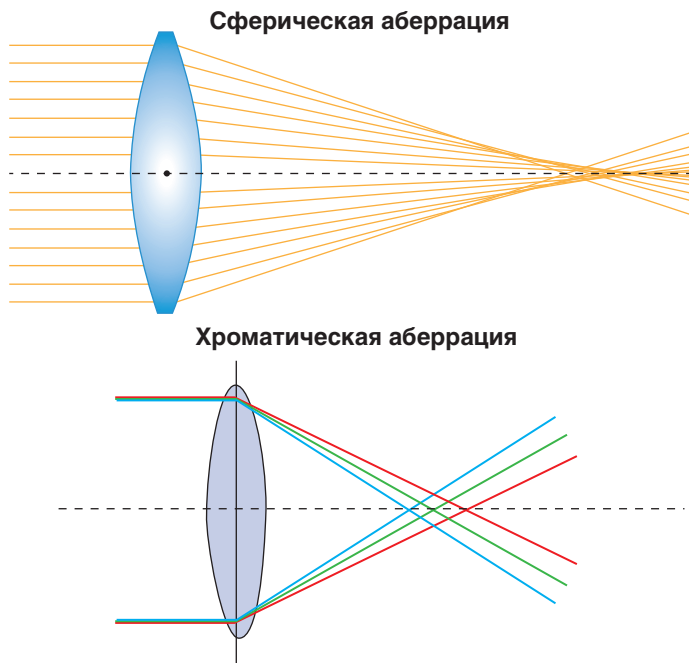


Рис. 13. Сферическая и хроматическая абберация

В результате сферической абберации лучи света, миновавшие оптический аппарат, образуют не единую точку, а некоторую зону. Хроматические абберации также способствуют формированию круга светорассеяния.

Вследствие аббераций глаз у человека формируется астигматизм, приводящий к неравномерному распределению света на сетчатке (**рис. 14**).

Сферические абберации могут проявляться монокулярной диплопией.



Рис. 14. Факторы, обуславливающие астигматизм

В очковых линзах хроматические aberrации могут ощущаться пациентом при повышении индекса преломления линзы. При этом пациент может жаловаться на гало-эффект, цветные круги вокруг каких-то объектов. В рецептурных очковых линзах существует специальная опция для снижения выраженности хроматических aberrаций и уменьшения зрительного дискомфорта от них у пациентов.