ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ЛЕКЦИЯ 6. ТЕМА 2.3. АСТИГМАТИЧЕСКИЙ ГЛАЗ

Астигматизм — одна из распространённых аномалий рефракции глаза, при которой оптическая система не способна сформировать единое фокальное изображение точечного источника света. Это обусловлено неодинаковой преломляющей силой в различных меридианах оптической системы глаза. В результате световые лучи, проходящие через разные участки роговицы и хрусталика, фокусируются не в одной точке, а формируют сложную конфигурацию фокальных линий и пятен рассеяния. Понимание строения астигматического глаза, особенностей хода лучей и формирования изображения на сетчатке является фундаментальным для диагностики и коррекции данного состояния в клинической практике.

Строение астигматического глаза

В норме оптические поверхности глаза (прежде всего роговица и хрусталик) обладают симметричной кривизной, обеспечивающей равномерную преломляющую способность в каждом меридиане. При астигматизме нарушается эта симметрия, и кривизна оптических поверхностей становится неравномерной.

Наиболее частой причиной астигматизма является асферичность роговицы: её преломляющая сила в одном главном меридиане существенно отличается от преломляющей силы в перпендикулярном ему меридиане. Выделяют два главных меридиана — с наибольшей и наименьшей преломляющей способностью. Разность между ними определяет степень астигматизма, выражаемую в диоптриях.

Астигматизм может быть обусловлен:

- неправильной формой роговицы (роговичный астигматизм) — наиболее распространённый вариант;
- асимметрией хрусталика (хрусталиковый астигматизм), возникающей при его наклоне, изменении формы или неравномерном распределении показателей преломления;
- аномалиями формы глазного яблока, приводящими к неравномерному распределению оптических нагрузок.

С точки зрения оптической классификации, астигматический глаз характеризуется наличием двух независимых фокусов, соответствующих двум главным меридианам. В зависимости от расположения этих фокусов относительно сетчатки различают несколько видов астигматической рефракции: простой и сложный миопический, простой и сложный гиперметропический, а также смешанный астигматизм.

Анатомически структура оболочек глаза при астигматизме, как правило, не претерпевает патологических изменений — основные отклонения носят функциональный характер и связаны с геометрией преломляющих поверхностей. Тем не менее, при высоких степенях астигматизма возможна вторичная адаптация сетчатки и центральных зрительных путей, обусловленная хроническим формированием нечёткого изображения.

Типичные количественные характеристики: при умеренном астигматизме разница преломляющей силы между главными меридианами составляет 1,0–2,0 дптр; при выраженном — свыше 2,0 дптр. В клинической практике астигматизм до 0,75 дптр нередко расценивается как физиологический и не требует обязательной коррекции.

Ход лучей в астигматическом глазу

Ход световых лучей в астигматическом глазу существенно отличается от такового в эмметропическом или сферически аметропическом глазу. Рассмотрим этот процесс на примере простого астигматического случая.

Параллельный пучок световых лучей, исходящий от удалённого объекта, попадает на переднюю поверхность роговицы. В силу различной кривизны в двух главных меридианах, преломление происходит неодинаково:

- в меридиане с большей преломляющей силой лучи фокусируются ближе к роговице;
- в меридиане с меньшей преломляющей силой фокус формируется дальше.

Таким образом, вместо единой фокальной точки формируются две фокальные линии, расположенные на разных расстояниях от роговицы. Пространство между этими линиями называется коноидом Штурма — это характерная оптическая модель, описывающая распределение светового потока в астигматической системе.

Внутри коноида Штурма лучи образуют эллиптические сечения, постепенно переходящие от одной фокальной линии к другой. На сетчатке, которая располагается в определённой плоскости относительно этой структуры, формируется размытое изображение, имеющее форму эллипса или круга наименьшего рассеяния.

При различных видах астигматизма положение коноида Штурма относительно сетчатки меняется:

- при простом миопическом астигматизме одна фокальная линия попадает на сетчатку, а вторая располагается перед ней;
- при сложном миопическом — обе фокальные линии находятся перед сетчаткой;
- при смешанном астигматизме одна линия располагается перед сетчаткой, а другая — за ней;
- при гиперметропических формах — фокальные линии смещены кзади относительно сетчатки.

Такая неоднородность фокусировки приводит к тому, что детали изображения, ориентированные вдоль разных меридианов, воспринимаются с различной чёткостью. Это объясняет типичные жалобы пациентов: искажение контуров предметов, раздвоение изображений, снижение контрастности.

Количественная иллюстрация: при астигматизме силой 2,0 дптр и средней длине глаза 24 мм расстояние между фокальными линиями в пространстве изображения может составлять порядка 1,2–1,5 мм. Если сетчатка располагается вблизи круга наименьшего рассеяния (диаметр которого в этом случае — примерно 0,3–0,5 мм), острота зрения без коррекции будет снижена, но не до минимальных значений.

Изображение внешних объектов на сетчатке астигматического глаза

Формирование изображения на сетчатке в условиях астигматизма принципиально отличается от нормального зрения. Вместо чёткого точечного отображения каждая точка объекта проецируется в виде эллипса, отрезка или круга рассеяния, размер и ориентация которого зависят от ориентации объекта и характеристик астигматизма.

Если объект содержит линейные элементы, ориентированные вдоль одного из главных меридианов, чёткость восприятия будет различаться: линии, совпадающие с сильным меридианом, окажутся размытыми, если фокус этого меридиана не совпадает с плоскостью сетчатки, и наоборот. Это приводит к избирательному снижению разрешающей способности в определённых направлениях.

На сетчатке формируется неоднородное распределение световой энергии. В области круга наименьшего рассеяния достигается максимальная (хотя и недостаточная) чёткость, однако детали, требующие высокой пространственной частоты, теряются. В клинической практике это проявляется в снижении остроты зрения даже при максимальной коррекции сферическими линзами — для полноценной коррекции требуется цилиндрическая составляющая, компенсирующая разницу в преломлении между меридианами.

Особенности восприятия при астигматизме включают:

- искажение геометрии объектов (прямоугольные формы могут казаться овальными, прямые линии — изогнутыми);
- снижение контрастной чувствительности, особенно при низкой освещённости;
- повышенную зрительную утомляемость из-за постоянного напряжения аккомодационного аппарата, пытающегося частично компенсировать нечёткость изображения.

Современные методы визуализации (например, волновой фронт-анализ) позволяют детально оценить распределение аберраций в оптической системе глаза и точно определить вклад астигматизма в общее качество изображения на сетчатке. Эти данные используются для подбора индивидуальной оптической коррекции и планирования рефракционных операций.

Для наглядности: при астигматизме 1,5 дптр размер круга наименьшего рассеяния на сетчатке может достигать ~0,4 мм, что эквивалентно снижению остроты зрения примерно до 0,5–0,6 (в зависимости от положения сетчатки относительно коноида Штурма). Это соответствует невозможности различать детали, угловые размеры которых меньше 2–3 минут дуги, тогда как в норме порог разрешения близок к 1 минуте дуги.

Астигматический глаз представляет собой оптическую систему с неравномерной преломляющей способностью в различных меридианах. Нарушение симметрии преломляющих поверхностей приводит к формированию коноида Штурма и проецированию на сетчатку не точечных, а протяжённых изображений. Понимание этих процессов необходимо для точной диагностики, выбора методов коррекции и оценки функциональных возможностей зрительной системы при астигматизме. Количественные параметры (разница преломляющей силы, размеры фокальных структур, положение сетчатки относительно коноида) служат основой для расчёта оптической коррекции и прогнозирования функциональных результатов.