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

ЛЕКЦИЯ 3. ТЕМА 1.3. ГЛАЗНЫЕ ОСИ

В физиологической оптике для описания пространственной организации зрительного аппарата и закономерностей формирования изображения на сетчатке используют систему анатомических и оптических ориентиров — глазных осей. Их корректное разграничение необходимо для понимания механизмов аккомодации, конвергенции, бинокулярного зрения, а также для расчётов в офтальмологии, оптометрии и при подборе средств коррекции зрения. Различение понятий зрительной, оптической, визирной осей и оси взгляда позволяет точно локализовать направление взора и положение объекта в поле зрения, что критически важно при диагностике косоглазия, амблиопии, аномалий рефракции и при планировании рефракционных вмешательств.

Понятие зрительной оси

Зрительная ось (visual axis) — это прямая линия, соединяющая центральную ямку (fovea centralis) сетчатки с точкой фиксации объекта. Она проходит через узловую точку оптической системы глаза и обеспечивает попадание изображения фиксируемого объекта непосредственно в зону максимальной разрешающей способности сетчатки. Зрительная ось является функционально ключевой: именно вдоль неё реализуется наивысшая острота зрения. В клинической практике положение зрительной оси определяют с учётом локализации фовеа, которая смещена относительно анатомического центра глазного дна примерно на 5° к виску от диска зрительного нерва. Это смещение учитывается при интерпретации данных оптической когерентной томографии (ОКТ) и периметрии.

Оптическая ось глаза

Оптическая ось (optical axis) — геометрическая линия, проходящая через центры кривизны всех преломляющих поверхностей глаза (роговицы и хрусталика). В идеализированной оптической модели глаза она служит основой для расчёта хода лучей и определения главных плоскостей системы. В реальном глазу оптическая ось, как правило, не совпадает со зрительной осью: между ними образуется угол, известный как угол каппа (kappa angle) или угол альфа (в зависимости от методики измерения). Этот угол обусловлен несовпадением анатомической и оптической симметрии глаза и имеет диагностическое значение: его величина позволяет косвенно судить о центрации оптической системы и наличии скрытого смещения зрительной оси, что важно при оценке эксцентричной фиксации у пациентов с амблиопией.

Визирная линия и ось взгляда

Визирная линия (line of sight) — это направление, по которому свет от точки фиксации попадает в глаз и достигает центральной ямки. В отличие от зрительной оси, визирная линия учитывает реальный ход лучей в конкретной оптической среде и может быть определена экспериментально с помощью пупиллометрии и анализа отражений от роговицы (Purkinje images). Визирная линия близка к зрительной оси, но не тождественна ей, поскольку зависит от текущих оптических параметров глаза, включая рефракцию и состояние аккомодации.

Ось взгляда (gaze axis) — направление взора, определяемое положением глазного яблока в орбите и координацией глазодвигательных мышц. Она отражает кинематику движения глаза и связана с работой экстраокулярных мышц и сигналами из центральной нервной системы. Ось взгляда может быть измерена методами окулографии (видеоокулография, инфракрасная пупиллометрия) и используется в нейроофтальмологии, эргономике и исследованиях зрительного поведения. В норме ось взгляда ориентирована таким образом, чтобы визирная линия и зрительная ось совпадали с точкой фиксации; при

нарушениях моторики (косоглазие, парезы) возникает рассогласование между этими параметрами.

Анатомическое и физическое расстояние

В контексте изучения глазных осей различают анатомическое и физическое расстояние, отражающие разные аспекты пространственной организации зрительной системы.

- **Анатомическое расстояние** — линейные параметры, измеряемые по анатомическим ориентирам: межзрачковое расстояние (interpupillary distance, PD), расстояние от роговицы до сетчатки, длина переднезадней оси глаза (axial length). Эти величины определяются методами ультразвуковой биометрии, оптической когерентной биометрии (IOLMaster и аналоги) и служат основой для расчёта интраокулярных линз, оценки прогрессирования миопии и планирования рефракционной хирургии.
- **Физическое расстояние** — параметры, характеризующие оптико-пространственные отношения: расстояние от объекта до глаза, положение главных плоскостей, фокусные расстояния оптической системы. Физические расстояния рассчитываются на основе законов геометрической оптики и используются при моделировании хода лучей, определении эквивалентной рефракции глаза и расчёте коррекции аметропии.

Различие между анатомическим и физическим расстоянием особенно важно при работе с аметропиями высокой степени, афакией и артифакией, когда стандартные формулы могут давать погрешности из-за изменения соотношения между анатомическими размерами и оптическими характеристиками глаза.

Способы измерения глазных осей и связанных параметров

Для определения положения и ориентации глазных осей применяют следующие методы:

1. **Пупиллометрия и анализ отражений Пуркинье.** Метод позволяет определить визирную линию по положению бликов на передней поверхности роговицы. Современные пупиллометры автоматически рассчитывают межзрачковое расстояние, угол каппа и центровку оптической системы, что необходимо при подборе прогрессивных и асферических линз.
2. **Видеоокулография и инфракрасная окулометрия.** Эти методы фиксируют положение зрачка и направление взора с высокой временной и пространственной точностью. Применяются в нейроофтальмологии для оценки нистагма, саккад и нарушений координации взора.
3. **Оптическая когерентная томография (ОКТ).** Позволяет точно локализовать центральную ямку и диск зрительного нерва, что даёт возможность построения зрительной оси в трёхмерной модели глаза. ОКТ незаменима при диагностике макулярной патологии и эксцентричной фиксации.
4. **Ультразвуковая и оптическая биометрия.** Используются для измерения анатомических расстояний: длины переднезадней оси, глубины передней камеры, толщины хрусталика. Эти данные необходимы для расчёта силы интраокулярной линзы и оценки риска прогрессирования миопии.
5. **Периметрия и микропериметрия.** Позволяют соотнести функциональные зоны сетчатки (включая центральную ямку) с пространственным положением стимула, что помогает верифицировать совпадение зрительной оси и точки фиксации. Микропериметрия дополнительно оценивает стабильность фиксации, что важно при амблиопии и макулярной дистрофии.

6. **Фотографирование глазного дна и фундус-камеры.** Дают возможность визуализировать анатомические ориентиры (диск зрительного нерва, макулярную зону) и рассчитать угловые соотношения между зрительной и оптической осями.

Современные диагностические комплексы интегрируют несколько методов одновременно, обеспечивая комплексную оценку пространственных параметров глаза и повышая точность клинических решений.

Глазные оси — это система взаимосвязанных анатомических, оптических и функциональных ориентиров, определяющих пространственную организацию зрительного аппарата. Разграничение зрительной, оптической, визирной осей и оси взгляда, а также корректное понимание анатомических и физических расстояний позволяют точно описывать оптические и моторные процессы в глазу, что необходимо для диагностики, коррекции и лечения зрительных нарушений. Использование современных методов измерения обеспечивает высокую точность определения этих параметров и служит основой для персонализированного подхода в офтальмологии и оптометрии.