ПОЛОЖЕНИЕ ОБЛАСТИ ФИКСАЦИИ И ЗНАЧИМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗА ПРИ НАРУШЕНИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗРЕНИЯ

Изложен опыт применения регистрации движений глаза при эксцентричной фиксации для комплексной оценки функционального состояния зрительной системы. Приведены данные о взаимосвязи параметров движений глаза и остроты зрения. Предложены информационные показатели эксцентричной фиксации для оценки качества движений глаза.

Ключевые слова: комплексная оценка функционального состояния зрительной системы, центральное зрение

Актуальность

Зрение для человека является одним из наиболее важных источников информации об окружающем мире. Столь значительное место зрительной системы в ряду анализаторов определяет пристальное внимание к ее морфофункциональной организации. Важнейшей из обеспечивающей зрение систем является глазодвигательная. В классических работах А.Л. Ярбуса показано, что стабилизация изображения на сетчатке приводит к его исчезновению для испытуемого в течение 1-3 секунд [8]. Движения человеческого глаза весьма многообразны, как по своим амплитудно-частотным параметрам, так и по выполняемым функциям. В норме движения глаза обеспечивают перевод и удержание изображения в области наилучшего видения, или фовеа. Нарушение функции центрального зрения ведет к значительному снижению качества жизни и социальной дезадаптации. При нарушении центрального зрения зрительная система испытывает сильнейший стресс, вызванный разрушением привычных функциональных связей между глазодвигательным и сенсорным звеном. Учитывая огромное значение эффективной реабилитации пациентов с нарушением центрального зрения, исследования в данном направлении представляются нам весьма актуальными.

В настоящее время появились приборы для регистрации движений глаза, имеющие возможность последующего сопоставления траектории движения с областью сетчатки, которой осуществляется фиксация. Последнее обстоятельство значительно расширяет спектр возможного применения окулографии в клинической практике, так как позволяет проводить объективный мониторинг параметров движений глаза и положения области фиксации на сетчатке.

В данной работе мы попытались определить клинически значимые характеристики движений глаза при эксцентричной фиксации и способы использования получаемой информации.

Материал и методы

Исследовано 33 пациента с нарушением центрального зрения (66 глаз). Средний возраст пациентов составил $25,7 \pm 1,9$ года. Остроту зрения измеряли по общепринятой методике.

Тестирование глазодвигательной активности производилось с помощью микропериметра МР-1 (Nidek Technologies, Italy), позволяющего фиксировать положение глазного яблока с точностью 6 угловых минут и временным разрешением 25 Гц. Данный прибор, по сути, является цифровой фундус-камерой, и тестирование проводится только в случае прозрачных оптических сред глаза, так как основным условием работы прибора являются четко различимые детали глазного дна, которые служат опорными элементами для регистрации движений глаза. Регистрация движений глаза при фиксации проводилась в инфракрасном свете с последующим фотографированием глазного дна. Совмещение траектории фиксации со снимком давало полную информацию о местоположении области фиксации относительно важнейших деталей глазного дна, таких как фовеа и диск зрительного нерва.

В качестве объекта фиксации использовали одиночный крест с угловым размером 5 градусов. Тестирование проводили монокулярно в течение 30 секунд в затемненном помещении. Неисследуемый глаз прикрывали непрозрачной повязкой, которая не создавала помех движению глаза.

При анализе результатов рассматривали удаление области фиксации от fovea centralis,

горизонтальный и вертикальный размер области фиксации, а также среднюю скорость движения глаза в течение фиксации. Кроме того, оценивали выраженность микродвижений глаза во время тестирования по 5-балльной системе, где большему количеству микродвижений соответствует больший балл. Микродвижения представляют собой произвольные колебания глаза, амплитудой до 16 угловых минут и частотой до 15 Гц.

Результаты и обсуждение

Наиболее важным интегральным показателем функционального состояния зрительной системы при нарушении центрального зрения является острота зрения. Данные о параметрах движений глаза при различном уровне остроты зрения сведены в таблицу 1. Как следует из таблицы, более высокая эксцентричная острота зрения согласована с меньшим удалением области фиксации от fovea centralis, характеризуется более локальной фиксационной областью и обеспечивается меньшей скоростью движения глаза во время фиксации. Кроме того, высокая острота сопровождается более выраженными микродвижениями глаза. Таким образом, представленные результаты в целом соответствуют клиническому опыту и физиологическим представлениям о согласовании эксцентричной остроты зрения с различными параметрами фиксации. Рассмотрим более подробно степень информативности каждого из представленных параметров.

Оценка положения области фиксации относительно фовеа

Известно, что при увеличении расстояния от фовеа снижается разрешающая способность глаза [4, 6]. Это происходит не только из-за сни-

жения плотности фоторецепторов, а в основном за счет увеличения рецептивных полей ганглиозных клеток по направлению от центра к периферии [4]. Соотнесение расположения области фиксации с реализуемой остротой зрения дает ценную информацию о резерве зрительных возможностей пациента. Необходимо отметить, что оценка потенциальной разрешающей способности основана на усредненных данных остроты зрения в данной области у испытуемых с нормальным уровнем центрального зрения. В случае патологии центрального зрения эти величины определяются не только положением области фиксации на сетчатке, но и особенностями обработки информации в сетчатке, процессами ее передачи и обработки в центральных отделах зрительной системы.

Средние значения и диапазон остроты зрения при различном удалении центра области фиксации от фовеа, а также средние значения размеров области фиксации и скорости движения глаза в процессе фиксации приведены в таблице 2. Как видно из таблицы, в пределах сравнимого удаления от fovea centralis наблюдается выраженный разброс по уровню остроты зрения и значительное отличие средних величин от расчетной остроты зрения. Это означает, что уровень эксцентричной остроты зрения определяется не только положением области фиксации, но и особенностями процесса согласования моторного и сенсорного звена зрительной системы. Местоположение области фиксации на сетчатке не обязательно оптимально с точки зрения разрешающей способности и во многом зависит от сформированности зрительно-моторных координат. Вероятно, в случаях, когда отмечается значительное различие между реализуемой и потенциальной остротой зрения, пациент опирается на сформи-

Таблица 1

	Острота зрения		
	менее 0,05 n = 21	0,05-0,08 n = 25	более 0,08 n = 20
Удаление от fovea centralis (градусы) M±SE	13,3±1,03	9,56±1,13	7,10±0,78
Горизонтальный размер области фиксации (градусы) M±SE	6,39±0,93	4,56±0,60	4,23±0,83
Вертикальный размер области фиксации (градусы) M±SE	6,15±0,86	4,32±0,51	3,68±0,49
Скорость движения глаза (градус/сек) M±SE	3,88±0,31	3,35±0,35	2,86±0,27
Выраженность микродвижений (средний балл)	1,9	2,3	3,1

M – среднее значение, SE – ошибка средних.

рованные зрительно-моторные связи, невзирая на то, что область фиксации не обладает достаточной разрешающей способностью из-за патологических изменений структуры сетчатки или проводящих структур.

В таких случаях повышение остроты зрения возможно лишь при переносе области фиксации за пределы области патологии. Как правило, такое изменение месторасположения области фиксации возможно при кардинальном изменении зрительной деятельности, увеличении объема и скорости обработки зрительной информации или повышении доли задач, связанных со зрительным контролем тонких движений рук [7].

Представляет интерес сходство размеров области фиксации и остроты зрения в группах со средним и большим удалением от фовеа. Не исключено, что в широком диапазоне положения области эксцентричной фиксации действуют схожие механизмы зрительно-моторного согласования, что отражается в параметрах фиксации и остроте зрения. Отличия, которые демонстрирует область, наиболее близко расположенная к фовеа, вероятно, объясняются ма-

лым размером рецептивных полей ганглиозных клеток данной области и более совершенными зрительно-моторными связями.

Одним из основных показателей качества зрительно-моторной координации может являться размер области фиксации. Известно, что основными поддерживающими качество изображения элементами движений глаза являются низкоамплитудные саккады и низкочастотная составляющая тремора глаз [2, 3, 5]. Саккады большой амплитуды в норме служат для перемещения точки фиксации и согласованы с механизмом постсаккадического подавления. Следовательно, увеличение размера области фиксации, происходящее за счет саккад амплитудой более 1 углового градуса, может снижать качество зрительной информации. Величина саккад может отражать размер «зоны нечувствительности», в пределах которой не ощущается смещение изображения, что лимитируется размерами рецептивных полей ганглиозных клеток области фиксации.

Кроме того, увеличение доли саккад большой амплитуды свидетельствует о незрелости зрительно-моторных связей и нарушает нор-

Таблица 2

	Удаление от fovea centralis (градусы)		
	3-6 n = 20	7-12 n = 26	13-23 n = 20
Острота зрения M±SE	0,10±0,06	0,06±0,03	0,05±0,04
Диапазон остроты зрения (min-max)	0,04-0,2	0,006-0,1	0,006-0,2
Горизонтальный размер области фиксации (градусы) M±SE	3,65±0,55	5,49±0,91	5,84±0,69
Вертикальный размер области фиксации (градусы) M±SE	3,04±0,37	5,12±0,73	5,83±0,61
Скорость движения глаза (градус/сек) M±SE	2,85±0,29	3,36±0,24	3,90±0,42
Выраженность микродвижений (средний балл)	3,0	2,5	1,7
Расчетная острота зрения	0,2-0,3	0,15-0,2	0,07-0,15

M – среднее значение, SE – ошибка средней.

Таблица 3

	Выраженность микродвижений (баллы)			
	1 n = 22	2 n = 23	3 n = 8	4 n = 13
Острота зрения M±SE	0,056±0,009	0,055±0,006	0,089±0,019	0,111±0,019
Удаление от fovea centralis (градусы)	13,22±1,18	9,22±1,00	8,12±1,65	7,15±0,99
Горизонтальный размер области фиксации (градусы) M±SE	7,41±0,98	4,43±0,59	4,17±0,77	2,64±0,46
Вертикальный размер области фиксации (градусы) M±SE	6,76±0,81	4,03±0,35	5,09±1,03	2,19±0,32
Скорость движения глаза (градус/сек) M±SE	4,32±0,41	3,14±0,21	3,02±0,42	2,38±1,99

M – среднее значение, SE – ошибка средней.

мальный процесс квантования непрерывного зрительного процесса. Таким образом, дискоординация глазо-двигательной и перцептивной систем зрения может вносить значительный вклад в ограничение разрешающей способности зрительной системы. В процессе реабилитационных мероприятий наличие области фиксации большого размера указывает на необходимость более интенсивной выработки зрительно-моторных связей, чему способствуют сужение площади зрительной афферентации и активный контакт индивида со средой [1].

Оценка характера движений глаза во время фиксации

Кроме положения области фиксации и ее размера огромную роль в обеспечении качества видимого образа вносят микродвижения глаза [2, 5]. Среди всех компонентов моторной активности глаза движения с частотой до 10 Гц и амплитудой около 15 угловых минут оказываются наиболее тесно связанными с остротой зрения. При равнозначном удалении области фиксации и сравнимом ее размере наличие микродвижений однозначно согласовано с более высокой остротой зрения. Учитывая, что функцией данной составляющей движений глаза является обеспечение высокого качества зрительного образа, наличие микродвижений при эксцентричной фиксации может указывать на скоординированность процессов движения глаза и процессов передачи информации в центральные отделы зрительной системы. Считается, что смещающееся по сетчатке изображение создает необходимое квантование непрерывного зрительного потока для его более качественного восприятия, что обеспечивается особенностями передачи информации по зрительным структурам и ее обработки цен-

тральными отделами зрительной системы [5].

Данные о выраженности микродвижений и остроте зрения приведены в таблице 3.

Из таблицы видно, что выраженность микродвижений возрастает при увеличении остроты зрения и уменьшении размеров области фиксации. Это указывает на согласованную динамику увеличения совершенства зрительно-моторных связей и механизмов качественной обработки зрительной информации. Примечательно, что не всегда наличие микродвижений сопровождается высокой остротой зрения. Мы считаем, что это обстоятельство свидетельствует о недостаточной эффективности обработки зрительной информации в центральных отделах зрительной системы и указывает на необходимость более интенсивной тренировки данной составляющей зрительного процесса.

Заключение

Таким образом, описание движений глаза при эксцентричной фиксации должно отражать следующие составляющие: положение области фиксации на сетчатке для информации о потенциальной остроте зрения, размер области фиксации для информации о качестве зрительно-моторной координации и наличие микродвижений глаза во время фиксации для оценки работы механизмов квантования зрительного потока. Каждая из вышеперечисленных составляющих несет уникальную информацию об особенностях движений глаза. Учет этих особенностей позволяет более точно выстроить реабилитационную программу и ускоряет процесс реализации потенциальных возможностей зрительной системы, что способствует адекватной социальной реабилитации пациентов с нарушением центрального зрения.

Список использованной литературы:

1. Барабанщиков В.А. Окуломоторные структуры восприятия / В.А. Барабанщиков. – М.: Институт психологии РАН, 1997. – 384 с.
2. Глезер В.Д., Леушина Л.И. О модели зрительной фиксации объекта и функциях микроскачков глаз // Моторные компоненты зрения. – М., Наука, 1975. – С. 56-68.
3. Глезер В.Д., Цуккерман И.И. Информация и зрение / В.Д. Глезер, И.И. Цуккерман. – М-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. – 184 с.
4. Кейдель В.Д. Физиология органов чувств / В.Д. Кейдель. – М.: Медицина, 1975. – 216 с.
5. Филин В.А. О механизме произвольных скачков глаз и их роли в зрительном процессе // Моторные компоненты зрения. – М., Наука, 1975. – С. 69-101.
6. Шиффман Х. Ощущение и восприятие / Х. Шиффман. – СПб.: Питер, 2003. – 928 с.
7. Шульговский В.В. Физиология целенаправленного поведения млекопитающих / В.В. Шульговский. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 224 с.
8. Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения / А.Л. Ярбус. – М.: Наука, 1965. – 166 с.