

А.И. Кубарко, И.В. Лукашевич

Анализ механизмов динамической остроты зрения

Белорусский государственный медицинский университет

В статье приведены данные количественного анализа показателей саккадических и плавных движений глаз и движений кольца Ландольта в процессе определения динамической остроты зрения. По результатам сопоставления этих показателей и значения динамической остроты зрения выдвигается предположение, что динамическая острота зрения является интегральным показателем сенсомоторной функции зрительной системы, отражающим состояние статической остроты зрения, полей зрения и движений глаз.

Ключевые слова: центральная и периферическая динамическая острота зрения, саккады глаз, плавные следящие движения глаз, поля зрения.

Острота зрения является важнейшим интегральным показателем состояния функции зрительного анализатора, и общепринятые методы ее определения основаны на оценке способности зрения различать детали статических, высококонтрастных визуальных объектов. Определенную таким образом остроту называют статической остротой зрения (СОЗ). В повседневной жизни и в профессиональной деятельности зрительный анализатор человека должен постоянно оценивать такие качества зрительных объектов как их объем, движение объектов, расстояние между объектами, на основе которых формируется представление о трехмерности зрительного пространства (стереоопсис).

Одной из важных характеристик зрения человека является способность зрительного анализатора воспринимать и различать детали движущихся объектов, которая получила название динамической остроты зрения (ДОЗ). При нормальной ДОЗ мы видим четкое изображение визуального мира при самодвижении, движении визуальных объектов или одновременном движении и наблюдателя и объектов окружающего пространства. Однако для каждого человека существует предельная максимальная скорость движения объектов, выше которой восприятие их деталей нарушается. В этом можно убедиться на примере нарушения способности читать текст и воспринимать прочитанное во время поворотов головы с возрастающей скоростью.

Величину ДОЗ выражают показателями предельной скорости движения объекта – град/с и минимального времени презентации объекта, при которых испытуемый способен различать его детали. Очевидно, что ДОЗ должна зависеть не только от состояния сенсорной функции зрения, в том числе СОЗ, но и от состояния глазодвигательной функции зрительной системы. Так, ДОЗ может уменьшаться при снижении СОЗ, нарушении плавности движений глаз, с возрастом [2].

Поскольку состояние сенсорных функций зрения и движения глаз зависят от функционального состояния ряда структур мозга, то оценка сенсомоторных функций зрительной системы и определение ДОЗ используются для диагностики неврологических и психических заболеваний

[3,7,11,12,16,20,21]; при проведении профессионального отбора для операторской деятельности, авиации, спорта и других профессий [9,18,23]. Однако, широкое применение методов определения ДОЗ сдерживается отсутствием специального оборудования, стандартизованных методов исследования, нормативных показателей ДОЗ, недостаточной осведомленностью об этом показателе зрения врачей и другими причинами. Остаются недостаточно изученными и механизмы мозга, определяющие величину ДОЗ [15].

Целью работы было определение динамической остроты зрения, минимального временного интервала различения двух последовательных объектов, а так же оценка показателей сенсомоторной функции зрительной системы здоровых испытуемых.

Материал и методы

Определение ДОЗ проводилось методом компьютерного тестирования испытуемых, находившихся в полностью затемнённом помещении, после десятиминутной адаптации их зрения к темноте. Испытуемым предлагалось распознавать направление дефекта кольца Ландольта во время его движения по темному экрану монитора [2]. Перед определением ДОЗ, у испытуемых оценивалась СОЗ и, при необходимости, проводилась ее коррекция с помощью очков или линз.

Определялась центральная динамическая острота зрения (ДОЗц), предположительно зависящая от состояния функции центральной ямки сетчатки и структур зрительной системы, анализирующих ее сигналы, и периферическая динамическая острота зрения (ДОЗп).

Для определения ДОЗп использовался тот же принцип, что и при определении ДОЗц, но испытуемому предлагалось наблюдать за движением кольца Ландольта, зафиксировав взор неподвижно на точечном объекте в центре экрана. В таких условиях изображение движущегося визуального объекта падало на периферические поля сетчатки, и величина ДОЗ отражала состояние чувствительности не центральной части сетчатки, а ее периферических областей и их представительства в структурах зрительной системы. У части испытуемых в процессе определения ДОЗ проводилась электроокулографическая регистрация движений глаз (ЭОГ) [3].

Для исследования скорости обработки зрительных сигналов и инициирования глазодвигательной реакции у испытуемых оценивался минимальный временной интервал (МВИ) между предъявлением двух визуальных стимулов, достаточный для различения последовательности их презентации на экране. Для этого испытуемый усаживался перед экраном монитора в 17 дюймов так, чтобы его глаза находились на расстоянии 30 см от экрана монитора. Голова испытуемого фиксировалась посредством помещения подбородка на неподвижной подставке. Испытуемому последовательно предъявлялись два светящихся точечных объекта, на угловых расстояниях 200 от точки в центре экрана (по горизонтали справа и слева). Вероятность очередности появления объекта справа или слева, их угловые координаты определялись специальной компьютерной программой.

Испытуемого просили фиксировать взор на светящемся в центре экрана объекте и при появлении боковых объектов как можно быстрее перевести взор на тот объект, который, по мнению испытуемого, появился первым. Исследование МВИ начиналось с предъявления объектов, разделенных временным интервалом 40 мс, который увеличивали до тех пор, пока испытуемый не начинал безошибочно различать время появления объекта. При выполнении теста у испытуемых проводилась синхронная регистрация движений глаз и объектов и по ЭОГ записи определялось соответствие направлений движений глаз и презентуемых визуальных объектов и рассчитывался МВИ. За показатель МВИ принималось значение, при котором отсутствовали ошибки движений глаз в направлении 1-го объекта. Всего в исследовании участвовали 107 здоровых испытуемых, из которых у 50-ти (25-мужчин и 25-женщин 10-20-летнего возраста) определены ДОЗп и ДОЗц для горизонтальных и вертикальных направлений движений объекта; у 37-ми здоровых различного возраста определена ДОЗп для горизонтальных направлений и у 20-ти испытуемых определены значения МВИ.

Для выяснения возможных причин изменения ДОЗ, у всех испытуемых определялась СОЗ, у большинства оценивалось состояние чувствительности центральных областей полей зрения каждого глаза, у части испытуемых во время определения ДОЗ записывалась окулограмма движений глаз, определялось время простой зрительно-моторной реакции и время реакции при различении формы зрительного объекта.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных при исследовании значений ДОЗц здоровых молодых людей показал, что они существенно не отличаются по своей величине для левого и правого глаза и не зависят от вертикального или горизонтального направлений движения объекта. У здоровых испытуемых с нормальными величинами СОЗ, нормальной и равномерно распределенной чувствительностью центральных областей полей зрения, монокулярная ДОЗц составила $91,8 \pm 21,9$ мс или $54,4 \pm 16,6$ град/с. Средние значения ДОЗц для обоих глаз (бинокулярная ДОЗц) оказались несколько выше, чем для каждого глаза в отдельности и составили $87,6 \pm 22,6$ мс или $57,0 \pm 24,0$ град/с. Показатели ДОЗц у мужчин оказались несколько выше, чем у женщин, и составили $85,5 \pm 15,6$ мс и $97,7 \pm 25,2$ мс ($58,5 \pm 11,4$ и $51,2 \pm 15,2$ град/с), соответственно.

При исследовании ДОЗц у здоровых испытуемых различного возраста, оказалось, что она снижается с возрастом и в возрасте 12-ти лет ДОЗ составляет $84,4 \pm 16,3$ мс, в возрасте 23-х лет $89,2 \pm 19,9$ мс, 30-ти лет – $106,0 \pm 13,2$ мс, а в возрасте 44-х лет она составляет $115,5 \pm 10,4$ мс.

Таким образом, из полученных данных следует, что с учетом двойного среднеквадратичного отклонения от среднего значения (ДОЗц $\pm 2d$), за верхний допустимый предел нормы ДОЗц у молодых здоровых людей 18-20-летнего возраста можно принять $135,6$ мс или $87,6$ град/с и за нижний предел – $48,0$ мс или $21,2$ град/с. Предельно допустимые значения ДОЗц для других возрастных групп должны приниматься с учетом поправки на возраст.

Анализ индивидуальных значений ДОЗц, полученных у здоровых молодых людей в возрасте 18-20 лет, показал, что у 6 из них или 12%, ДОЗц для одного или нескольких направлений движений объекта превышала верхний допустимый предел, а у 6 из них или 12% была меньше нижнего допустимого предела.

Одним из подходов к пониманию механизмов, определяющих величину ДОЗ, является анализ движений глаз по их ЭОГ записям. Регистрация движений глаз в процессе определения ДОЗц позволила выявить характерные участки их перемещения вслед за движением светящегося круглого пятна (рис.1): фиксации (1), небольшой саккады с центральной точки фиксации на движущееся пятно (2), плавного слежения за перемещением пятна и кольца Ландольта (3).

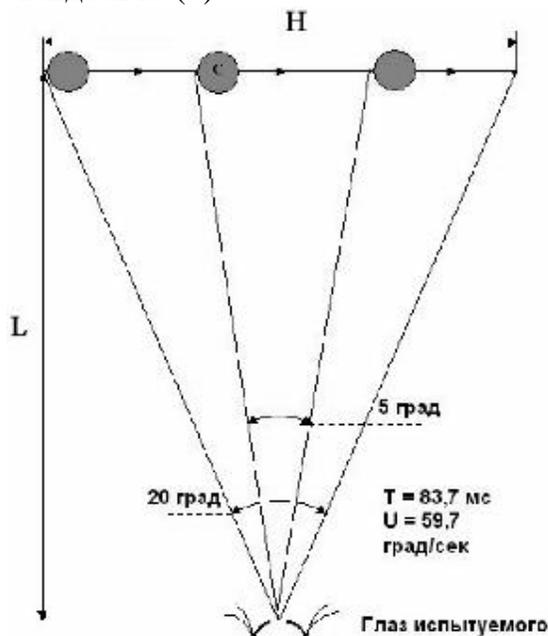


Рис.1. Схематическое представление алгоритма движения на экране визуальных объектов и следящих движений глаза испытуемого за их перемещением при исследовании ДОЗц. L – расстояние до экрана (70 см); H – длина пути перемещения пятна (26 см или 20 угловых град) и кольца Ландольта (5 угловых град) по экрану. T – минимальное время презентации, U – максимальная скорость презентации, характеризующие нормальную ДОЗц

Сопоставляя на записи движений глаз временные интервалы, в течение которых на экране появлялись и оставались в движении светящееся пятно и кольцо Ландольта, с временными интервалами инициирования, осуществления саккады и слежения за движением пятна и кольца, можно рассчитать такие важные элементы реакции мозга на появление на экране визуальных объектов, как латентный период (ЛП) начала саккадического перемещения глаз и временной интервал, в течение которого глаза испытуемого оставались фиксированными на кольце Ландольта до его исчезновения на фоне пятна. Это позволяет рассчитать, в течение какого минимального промежутка времени кольцо Ландольта могло быть

презентировано зрительной системе через периферические поля и центральную ямку сетчатки.

Ориентировочные расчеты временных затрат на осуществление движения пятна и кольца Ландольта на экране и следующих за ними движений глаз, могут быть осуществлены с учетом расстояния глаз испытуемого до экрана, угловых координат и скорости движения пятна и кольца, задававшихся компьютерной программой (рис.1).

Параметрами начального движения светящегося круглого пятна, с которого обычно начиналось определение ДОЗц, было время его перемещения на угол 20 град за 1 с. При этом продолжительность презентации кольца Ландольта составляла 25% от общей продолжительности перемещения пятна или 250 мс, а угловая скорость движения составляла как для пятна, так и для кольца 20град/с.

ЭОГ запись, представленная на рисунке 2 (слева), позволяет проанализировать временную динамику процессов перемещения на экране тестирующих визуальных объектов и глаз испытуемого. Измерения показывают, что полное время перемещения пятна на экране в этом тесте составило 706 мс, а скорость движения пятна и кольца была 28,3 град/с. На записи видно, что после начала движения пятна, глаза оставались еще в течение ЛП равного 214 мс на месте. За это время пятно, двигавшееся со скоростью 28,3 град/с переместилось к центру экрана на угол 6,1 град. Затем, чтобы “догнать” пятно, глаза совершали саккаду (на участке а) длительностью 26 мс, и за это время пятно сместилось еще на 0,7 град.

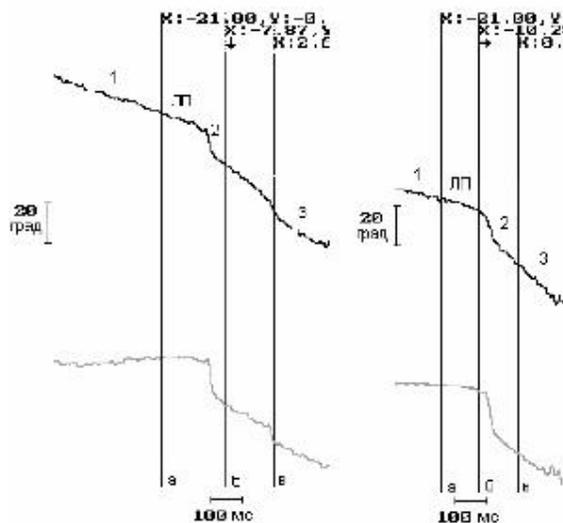


Рис.2. ЭОГ кривые движений глаз, осуществлявшихся при определении ДОЗц. Кривые чёрного цвета – запись движений правого глаза, серого – левого глаза. 1 – фиксация взора перед началом движения; ЛП – латентный период начала движения глаз; 2 – саккада глаз в направлении смещения светящегося пятна; 3 – слежение за движением пятна и кольца Ландольта. Вертикальными линиями отмечены моменты: а – начала движения светящегося пятна; б – появления на фоне пятна кольца Ландольта; в – исчезновения кольца Ландольта. Длительность интервала б-в отражает время

презентации кольца Ландольта. Стрелками отмечено направление движений глаз. Другие пояснения приведены в тексте. Момент появления кольца Ландольта на фоне пятна программировался так, чтобы исключить возможность привыкания испытуемого к определенному времени этого события. Появление кольца имело вероятностный характер и кольцо Ландольта могло появляться на фоне пятна в интервале от 25 до 50% общего времени движения пятна. В анализируемом случае кольцо появилось на фоне пятна через 190 мс от начала его движения и оставалось на нем в течение 176 мс. Простые вычисления показывают, что взор испытуемого “приземлился” на кольцо, когда оно уже присутствовало на фоне пятна в течение 40 мс и движущееся кольцо могло восприниматься в течение 14 мс периферическим зрением пока глаза оставались неподвижными и в течение последующих 26 мс – во время осуществления саккады. Далее, в течение оставшихся 136 мс, кольцо Ландольта могло проецироваться на фовеальную область сетчатки и восприниматься центральным зрением.

Используя тот же подход, можно рассчитать какими были примерные скоростные и временные показатели движения глаз для случая презентации кольца Ландольта в течение 100 мс (рис.2 справа). В этом случае полное время перемещения пятна на 20 град составляло 0,4 с и скорость движения пятна и кольца – 50 град/с. На окулограмме видно, что после начала движения пятна, глаза оставались еще в течение ЛП равного 220 мс на месте. За это время пятно, двигавшееся со скоростью 50 град/с переместилось к центру экрана на угол 11 град. Затем, чтобы “догнать” пятно, глаза совершили саккаду длительностью 20 мс и за это время пятно смещалось еще на 1 град.

Таким образом, если кольцо Ландольта появлялось в момент, когда пятно уже двигалось в течение 25% общего времени, то кольцо Ландольта появлялось на его фоне через 100 мс от начала движения и оставалось на нем в течение 100 мс. В приведенном примере взор испытуемого мог “догнать” пятно и “приземлиться” на кольцо через 240 мс, но к этому моменту кольцо Ландольта уже исчезало на фоне пятна еще за 40 мс до “приземления” взора. В данном, частном случае тестирования, глаза испытуемого могли видеть движущееся кольцо только периферическим зрением, когда они были еще неподвижными во время латентного периода.

Из анализа окулограмм на рисунке 2 видно, что при определении ДОЗц могут иметь место три варианта временной динамики движения визуальных объектов и восприятия зрением движения кольца: 1 – взор успевает переместиться на пятно до появления на нем кольца Ландольта и кольцо может наблюдаться центральным зрением в течение всего промежутка времени его презентации; 2 – взор перемещается на пятно, когда кольцо уже некоторое время находится на его фоне и кольцо наблюдается центральным зрением в течение времени меньшим, чем продолжительность его презентации; 3 – взор перемещается на пятно, когда кольцо на его фоне уже исчезло.

Сопоставление результатов правильного распознавания направления дефекта кольца Ландольта с возможными тремя вариантами временной динамики показывает следующее. Обычно испытуемые безошибочно определяли направление дефекта кольца, когда их взор успевал переместиться на пятно до появления на нем кольца Ландольта и испытывали явные затруднения в распознавании, когда к моменту перемещения взора кольцо на фоне пятна уже исчезало.

Наиболее сложным для предсказания вероятности узнавания дефекта кольца и определения ДОЗц оказались условия варианта, когда взор достигал пятна, на фоне которого уже некоторое время находилось кольцо Ландольта. С одной стороны, как правило, именно в этих условиях у испытуемых определялась ДОЗц, а с другой – при анализе записей оказывалось, что определявшаяся величина ДОЗц не совпадала с временем фиксации на нем взора, а скорее совпадала со временем презентации кольца.

Например, испытуемый мог правильно определять задаваемое компьютером вертикальное направление дефекта кольца Ландольта (что видно на рисунке 3 справа по совпадению вертикального направления контрольной и тестовой стрелок), при продолжительности презентации кольца на экране 100 мс, тогда как для фиксации его взора на кольце оставалось лишь 60 мс времени. В другом случае (рис.3, слева), при той же продолжительности презентации кольца на экране и времени фиксации, испытуемый совершал ошибки в определении направления дефекта кольца. Из рисунка 3 (слева) видно, что компьютером было задано контрольное левостороннее направление дефекта, а испытуемый определил его как верхнее вертикальное.

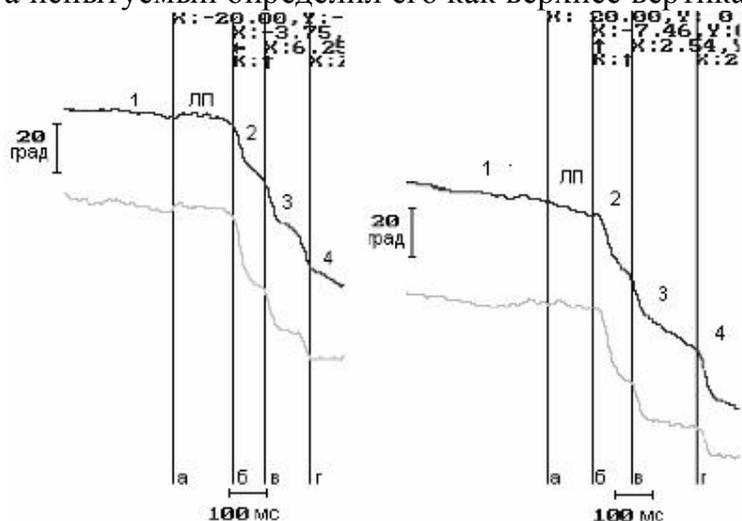


Рис.3. ЭОГ кривые движений глаз, осуществлявшихся при определении ДОЗц. Кривые чёрного цвета – запись движений правого глаза, серого – левого глаза. 1 – фиксация взора перед началом движения; ЛП – латентный период движения; 2 – саккада глаз в направлении смещения светящегося пятна; 3 – саккада глаз в направлении кольца Ландольта; 4 – саккада после исчезновения кольца Ландольта. Вертикальными линиями отмечены моменты: а – начала движения светящегося пятна; б – появления на фоне пятна кольца Ландольта; в – исчезновения кольца Ландольта; г –

исчезновения пятна на экране монитора. Стрелками над буквой К отмечено направление дефекта кольца Ландольта, а рядом расположенными стрелками – направление движения глаз

Выявление подобного несоответствия продолжительности фиксации взора на кольце Ландольта и величины ДОЗц, определявшейся у испытуемых, позволяет предположить, что в основе ДОЗц лежат сложные нейронные механизмы, включающие, вероятно, возможность проведения анализа деталей строения движущегося визуального объекта периферическим зрением при неподвижном взоре и при движении глаза, а также центральным зрением при фиксации взора на движущемся объекте.

Для исследования возможности зрительного анализатора испытуемых идентифицировать направление дефекта кольца Ландольта периферическим зрением, был использован отдельный тест, когда у 50-ти здоровых испытуемых, с ранее определенными значениями ДОЗц, была проведена оценка значений периферической ДОЗ. Оказалось, что среднее значение ДОЗп было больше, чем ДОЗц, и составило для обследованных испытуемых $102,2 \pm 45,8$ мс или $24,6 \pm 18,4$ град/с. Показатели ДОЗп не отличаются существенно по своей величине для левого и правого глаза и не зависят от вертикального или горизонтального направлений движения объекта. Средние значения ДОЗп, так же как и ДОЗц, оказались несколько более высокими у мужчин, чем у женщин, и составили $100,7 \pm 41,4$ мс и $103,7 \pm 49,2$ мс ($24,8 \pm 19,97$ град/с и $24,1 \pm 13,7$ град/с) соответственно.

Таким образом, результаты определения ДОЗп могут рассматриваться, как подтверждение способности зрительной системы воспринимать и определять детали структуры движущегося объекта периферическим зрением еще в течение латентного периода, до перемещения взора на кольцо Ландольта. С другой стороны, полученные более низкие величины ДОЗп по сравнению с величинами ДОЗц, могут рассматриваться как подтверждение зависимости ДОЗ от статической центральной остроты зрения. Очевидно, что поскольку по условиям определения ДОЗц, изображение кольца Ландольта проецируется именно на макулярную область сетчатки, то это и определяет при нормальной статической остроте зрения, более высокую ДОЗц по сравнению с ДОЗп.

Из анализа временной динамики и последовательности событий, наблюдающихся при перемещении на экране тестирующих визуальных объектов и глаз испытуемого в процессе определения ДОЗп, следует, что в механизмах периферической ДОЗ важное значение могут играть процессы восприятия визуального объекта фоторецепторами, плотность которых возрастает по мере перемещения изображения визуального объекта в направлении центральной ямки сетчатки [22]. Известно, что рецепторы периферии сетчатки обладают высокой чувствительностью к восприятию движения и в то же время, при увеличении их плотности в непосредственном окружении центральной ямки, возрастает чувствительность рецептивных полей в результате суммирования сигналов от большего числа фоторецепторов [4,5].

Однако, полученные данные не дают ответа на вопрос, какое минимальное время требуется зрительной системе для различения деталей строения движущихся объектов, при восприятии последних фоторецепторами периферии сетчатки. Одним из таких показателей, характеризующих скорость обработки визуальной информации в зрительной системе, могла бы быть продолжительность МВИ, достаточная для различения последовательности предъявления визуальных стимулов.

Исследование показало, что МВИ у испытуемых составляет $92,7 \pm 22,9$ мс. Анализ рассчитанных для этих испытуемых коэффициентов корреляции между значениями ДОЗп и МВИ, позволил по степени связи между этими показателями, разделить испытуемых на три группы (табл.).

Таблица

Значения ДОЗп, МВИ и их коэффициентов корреляции у испытуемых

Группы	ДОЗп, мс	МВИ, мс	Коэффициент корреляции
1 (n= 3)	89,27±10,1	89,9±10,0	1,0
2 (n=11)	87,4±19,0	85,6±17,4	0,72
3 (n=6)	92,52±53,2	107,22±39,4	-0,25

Как видно из представленной таблицы у 3-х испытуемых 1-й группы и у 11-ти испытуемых 2-й группы – имелась тесная положительная корреляционная связь между величинами ДОЗп и МВИ, а у 6-ти испытуемых 3-й группы связь между этими показателями отсутствовала.

Существование тесной связи между ДОЗп и МВИ, выявленное у 70% испытуемых, позволяет предполагать, что одним из компонентов нейронных механизмов динамической остроты зрения, может быть скорость обработки зрительной системой визуальных сигналов, которая может характеризоваться выявленными у испытуемых МВИ средней продолжительностью около 93 мс.

Известно, что минимальное время, через которое мозг может получить сигналы от сетчатки для организации ответной глазодвигательной реакции, составляет более 70 мс [6]. Подсчитано, что временные затраты мозга на анализ дополнительных визуальных объектов, вносимых в зрительное поле на фоне уже существующих, также составляют около 70 мс [13]. Через 70 мс после предъявления зрительного стимула регистрируются ранние волны зрительных вызванных потенциалов мозга человека [1].

Предполагается, что временной интервал в 70 мс включает затраты времени на обработку зрительных сигналов в сетчатке и их передачу в мозг по зрительным путям [19]. По данным функционального магниторезонансного исследования временных затрат мозга на формирование реакции внимания, здоровые испытуемые затрачивают на смещение зрительного внимания около 100 мс [8,14]. Повышение нейронной активности в первичной зрительной коре может быть зарегистрировано через 40-60 мс после презентации зрительного стимула, в париетальной коре через 80 мс и через 100 мс визуальная информация достигает глазных полей коры лобных долей мозга [24].

Сопоставление приведенных данных литературы о затратах зрительной системой времени на анализ и передачу визуальных сигналов в зрительные области мозга с полученными нами значениями МВИ и ДОЗ показывает, что мозг тратит больше времени на анализ более сложных процессов, которыми являются различение последовательности предъявления визуальных объектов и различение деталей строения движущихся объектов. Можно предполагать, что усложнение визуальной информации при определении ДОЗ было связано с тем, что показатель ДОЗ включает в себя не только затраты времени на восприятие, анализ и передачу сенсорных сигналов о структуре такого простого визуального объекта, которым является кольцо Ландольта, но и дополнительные затраты времени на этот анализ в ходе движения кольца на экране.

Действительно, можно было бы ожидать, что если бы осуществлялось зрительное восприятие кольца Ландольта как статического объекта, то затраты зрительной системой времени на этот простейший анализ должны были составлять около 70 мс. В наших опытах испытуемые должны были воспринять этот объект в движении и определить направление его дефекта. Известно, что восприятие движения и оценка пространственных характеристик движущихся объектов, осуществляется с участием экстрастриарных зрительных полей и задних участков теменной коры [19]. В этом случае временные затраты мозга на формирование реакции внимания и анализ формы объекта должны возрасти и, если основываться на электрофизиологических данных о времени созревания нейронной активности в париетальной коре после презентации зрительного стимула, она возрастает через 80-100 мс или через 20-40 мс позднее, чем в первичной зрительной коре. Возможно, что именно затраты этих 20-40 мс на анализ движущегося кольца Ландольта в париетальной коре и обуславливают значение ДОЗ равное 90-100 мс, определенное для здоровых испытуемых 18-20-летнего возраста.

Выдвинутые предположения о том, что величина ДОЗ отражает суммарные временные затраты зрительной системы на восприятие визуальных сигналов сетчаткой, проведение и анализ сигналов в зрительных полях затылочной и теменной коры, основаны на анализе средних значений этого показателя у испытуемых и их сопоставлении с затратами мозгом времени на проведение и обработку зрительных сигналов. Однако, из величин дисперсии средних значений ДОЗ видно, что показатели ДОЗ варьируют у испытуемых в широких пределах: $ДОЗ_{ц} = 91,8 \pm 21,9$ мс; и в особенности, $ДОЗ_{п} = 102,2 \pm 45,8$ мс. Особый интерес представляют случаи наблюдений у испытуемых очень высоких значений ДОЗ, когда они могли составлять около 20 мс.

Объяснить эти крайние значения величин ДОЗ можно, допустив, что должны существовать другие факторы, например, более быстро и более медленно протекающие в зрительной системе процессы и механизмы восприятия и анализа изображения движущихся колец Ландольта. В частности, в случае высокой ДОЗ, один из таких механизмов может быть связан с варьированием в относительно широких пределах нормальных величин ЛПП саккадических

движений глаз у испытуемых $239,7 \pm 28,9$ мс. У ряда испытуемых в условиях ожидания ими повторения однообразных циклов движения объектов на экране монитора и следящих за ними движений глаз, наблюдаются “экспресс саккады”, ЛП период которых может составлять 100 – 150 мс. Из проведенного выше сопоставления на записях движений глаз временных интервалов, в течение которых на экране появлялись и оставались в движении светящееся пятно и кольцо Ландольта, с временными интервалами инициирования, осуществления саккады и слежения за движением пятна и кольца следует, что при коротком ЛП у испытуемого увеличивается время фиксации взора на кольце Ландольта и тем самым создаются условия для распознавания деталей движущегося объекта за более короткое суммарное время, т.е. его ДОЗ может оказаться более высокой.

Еще одним из механизмов, обуславливающих высокую ДОЗ, может, вероятно, быть механизм запечатлевания в аппарате мгновенной памяти копии формы кольца Ландольта и ее последующего анализа после предъявления кольца. В этом случае, полученные нами высокие значения ДОЗ – около 40 мс, могли бы отражать лишь затраты времени на процесс “мгновенного фотографирования” кольца Ландольта периферическим зрением [4]. В пользу вероятности существования такого механизма свидетельствуют очевидные факты, что именно механизмы периферического зрения принимают непосредственное участие в отборе значимых для человека статических и, в особенности, движущихся визуальных сигналов из множества других для их последующего детального анализа после направления на эти объекты нашего взора.

Смещение взора принято считать в настоящее время одним из важнейших коррелятов внимания человека [8,17]. Полученные нами словесные отчеты испытуемых с высокой ДОЗ можно рассматривать как свидетельствующие в пользу возможности использования в механизмах ДОЗ мгновенного “фотографирования” изображения кольца Ландольта периферическим зрением, сохранения копии изображения в аппарате мгновенной памяти и последующего анализа изображения. Обычно испытуемые заявляли, что их представление о направлении дефекта кольца Ландольта возникало не сразу в момент его предъявления, а спустя некоторое время. Можно допустить, что это время затрачивалось мозгом испытуемых на анализ фотографического (иконического) изображения кольца, сохраненного в аппарате мгновенной памяти.

Таким образом, полученные нами данные дают основание предполагать, что ДОЗ человека, как и другие зрительные функции, является сложной функцией мозга, которая может реализовываться с использованием сенсорных, глазодвигательных механизмов зрительной системы и механизмов зрительной памяти.

Литература

1. Гнездицкий, В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике // Москва, “МЕДпресс-информ”.-2003.-246 с.

2. Кубарко, А.И., Кубарко, Ю.А., Кубарко, Н.П. Динамическая острота зрения как показатель состояния сенсомоторных функций зрительного анализатора // *Здравоохранение.*-2005.-№1.-с.13-17/
3. Кубарко, А.И., Колесникова, М.Л., Кубарко, Н.П. Характер саккадических движений глаз при рассеянном склерозе // *Здравоохранение.*-2003.-№1.-С.18-22/
4. Линдсей, П., Норман Д. Переработка информации у человека. Пер.с англ. М.-1974.-550 с.
5. Сомьен, Дж. Кодирование сенсорной информации. Пер. с англ. М., Мир, 1975, - 415 с.
6. Becker, W, Fuchs AF. Further properties of the human saccadic system: Eye movements and correction saccades with and without visual fixation points // *Vision Res.*-1969.-vol.9.-P.1247-1258/
7. Crawford, T.J., Haeger B., Kennard C., et al Saccadic abnormalities in psychotic patients. I. Neuroleptic-free psychotic patients // *Psychological Medicine.*-1995.-vol. 25.-p. 461-471/
8. Desimone, R., Dunean J. Neural mechanisms of selective visual attention // *Annu. Rev.Neurosci.*-1995.-vol.18.-P.193-222/
9. Evdokimidis, I., Smyrnis N., Constantinidis, T.S. et al. The antisaccade task in a sample of 2,006 young men. I. Normal population characteristics // *Exp. Brain Res.*-2002.-vol.147.-P. 45-52/
10. Fischer, B., Ramsperger E Human express saccades: extremely short reaction times of goal directed eye movements // *Exp. Brain Res.*-1984.-vol. 57.-P. 191-195/
11. Fukushima, J., Fukushima K., Miyasaka K, Yamashita A. Voluntary control of saccadic eye movement in patients with frontal cortical lesions and parkinsonian patients in comparison with that in schizophrenics // *Biological Psychiatry.*-1994.-vol.36.-P. 3018-3021.
- 12 Gaymard, B., Pierott – Deseilligny C., Rivaud S. Impairment of sequences of memory-guided saccades after supplementary motor area lesions // *Annals of Neurology.*-1990.-vol. 28.-P. 622-626.
13. Gazzaniga, M.S. Cerebral specialization and interhemispheric communication // *Brain.*-2000.-vol.123.-P.1293-1326.
14. Goldberg, M.E., Colby, C.L. Oculomotor control and spatial processing // *Curr Opin Neurobiol.*-1992.-vol.2.-P.198-202.
15. Haarmeier, T., Thier P. Impaired analysis of moving objects due to deficient smooth pursuit eye movements // *Brain.*-1999.-vol.122.-P.1495-1505.
16. Heide, W., Kurzidim K., Kompf D.. Deficits of smooth pursuit eye movements after frontal and parietal lesions // *Brain.*-1996.-vol.119.-P. 1951-1969.
17. Kincade, J. M., Abrams, R.A., Astafiev, S.V., Shulman, G.L., Corbetta M. An event-related functional magnetic resonance imaging study of voluntary and stimulus-driven orienting of attention // *J. Neurosci.*-2005.-vol.25.-No.18.-P.4593-4604.

18. Kluka, D.A., Love, P.L., Kuhlman J., et al. The effect of a visual skills training program on selected collegiate volleyball athletes // *Internat. J. Sports Vision.*-1996.-vol.3.-P.23-34.
19. Leigh, R.J., Kennard C. Using saccades as a research tool in the clinical neurosciences // *Brain.* – 2003.-vol.7. – P.1-18.
20. Leigh, R.J., Zee, D.S. *The neurology of eye movements.* 3-rd ed. New York: Oxford University Press.-1999.
21. Pierrot-Deseilligny, C. Saccade and smooth-pursuit impairment after cerebral hemispheric lesions // *Eur Neurol.*-1994.-vol.34.-P.121-134.
22. Shepherd, G.M. *The synaptic organization of the brain.* Oxford, 1998.-638 p
23. Vickers, J.N. Control of visual attention during the basketball free throw // *Amer. J. Sports Medicine.*-1996.-vol. 24.-P.S93-S97.
24. Yasuo, T, Fukuda H, Ugawa Y, Hikosaka O, Kanazawa I. Visualization of the information flow through human oculomotor cortical regions by transcranial magnetic stimulation // *J.Neurophysiol.*-1998.-vol.80.-P.936-946.