

ВЫЯВЛЕНИЕ И КОРРЕКЦИЯ ОШИБОЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ПРИ ЧТЕНИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ТЕКСТА

Г.И. Протасевич, А.И. Кубарко

Белорусский государственный медицинский университет

Глаза человека во время чтения находятся в одном из состояний: фиксации (остановки), быстрых поворотов (саккад) для перемещения на новые участки сканируемой строки и для перевода взора с окончания прочитанной строки на начало новой строки текста. Принято считать, что визуальное восприятие текста происходит в момент фиксации глаз, в то время как восприятие его смыслового содержания, вероятно, требует больших затрат времени. Продолжительность фиксации глаз изменчива и зависит от понимания содержания текста, ценности, новизны получаемой информации и других факторов [2, 3].

Ранее нами были описаны модели и временные показатели динамики выявления и коррекции мозговым детектором ошибочных движений глаз, наблюдающихся при совершении саккад и анти-саккад на предъявление светового, звукового, болевого стимулов, а также при слежении за плавным и быстрым перемещением визуальных объектов на экране монитора [1].

Цель исследования: изучение динамики распознавания и коррекции мозговым детектором здорового человека ошибочных и коррекционных движений глаз при чтении художественного текста, в условиях, когда испытуемые допускают не точные саккады при переводе взора с одной строки на другую, возвратные саккады во время сканирования читаемой строки и исправляют их коррекционными саккадами.

Исследование проведено на 20 испытуемых 18–22 летнего возраста, которым предлагалось прочитать про себя 30 строк художественного текста, расположенного на расстоянии 30 см от глаз. Использовались 4 варианта форматирования текста: в книжной ориентации форматирование по ширине (текст 1 — Т1), по центру (текст 2 — Т2) и альбомной ориентации форматирование по ширине (текст 3 — Т3), по центру (текст 4 — Т4). Полная строка текста была видна читающему в пределах углового пространства Т1 — 14°, Т2 — 13°, Т3 — 20°, Т4 — 19° и, таким образом, испытуемый совершал поворот глаз на эти же углы при переводе взора с окончания прочитанной строки на начало новой.

Возникающее при движении глаз изменение роговично-сетчаточного потенциала регистрировалось отводящими электродами, усиливалось усилителем биоэлектрических потенциалов с коэффициентом усиления 1000 и полосой пропускания 0,025–350 Гц. Усиленный сигнал подавался на многоканальный аналого-цифровой преобразователь, данные с которого считывались компьютером с частотой дискретизации 500 Гц и записывались в виде электроокулограммы (ЭОГ). При анализе ЭОГ с высокой точностью измерялись такие временные показатели движений глаз как латентный период (ЛП), продолжительность фиксаций и саккад.

Для более точного измерения угловых показателей поворота глаз одновременно с ЭОГ регистрировалась видеоокулограмма (ВОГ) инфракрасной видеокамерой с частотой кадров 125/с, при этом точность измерения угла отклонения составляла около 0,1°. Для количественного анализа временных, координатных и амплитудных показателей нормальных, ошибочных и коррекционных движений глаз использовались оригинальные программные средства. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Recview и Statistica 6.0.

Проанализирована динамика осуществления нормальных, выявления и коррекции 2000 циклов дисметричных движений глаз, при которых испытуемые не точно переводили взор с окончания прочитанной строки на начало новой и 27 возвратных саккад, совершавшихся в процессе сканирования читаемой строки текста (рис.1).

Анализ движений глаз в процессе чтения показал, что при сканировании полной строки текста, глаза совершали 8 фиксаций, продолжительность которых составила 252 ± 59 мс, и 7 обычных саккад, продолжительность которых составила 52 ± 16 мс. Среднее число знаков, воспринимаемых во время одной фиксации в угловом пространстве $2,9$ град, составило $8,1$. Эти показатели движений глаз значимо не отличались при чтении текстов различной ориентации и форматирования.

Число возвратных саккад, совершенных испытуемыми составило 3 для всего читавшегося текста или $0,1$ на одну строку. ЛП перед возвратной саккадой составил 210 ± 26 мс, продолжительность возвратной саккады и длительность фиксации после нее составили 46 ± 7 мс, 232 ± 27 мс, соответственно.

Частота совершения возвратных саккад варьировала у различных испытуемых от 1 на весь текст, до 5. При этом у 55% испытуемых возвратных саккад не было вовсе.

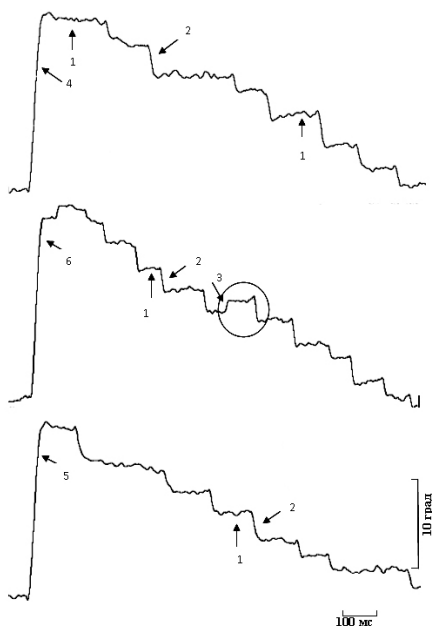


Рисунок 1. Электроокулограммы движений глаз, записанные в процессе чтения. Фиксации (1), обычные саккады (2), возвратные саккады (3), наблюдаемые при сканировании читаемой строки текста. Нормометричные (4), гиперметричные (5), гипометричные (6) саккады, наблюдаемые при переводе взора с окончания прочитанной строки на начало новой.

Продолжительность саккад при переводе взора с окончания прочитанной строки на начало новой была различной, зависела от угла поворота глаз и составила для текстов T1, T2, T3, T4 122 ± 18 мс, $113,3 \pm 11$ мс, 174 ± 33 мс, $148,8 \pm 32$ мс, соответственно. Анализ точности осуществления этих саккад показал, что практически все испытуемые при переводе взора со строки на строку допускали не точность поворота глаз (таблица 1).

Таблица 1

Показатели дисметрии и частоты саккад при чтении текстов различной ориентации и форматирования

Тип текста и угол восприятия (длина строки, град)	Амплитуда гипометрии (град)	Частота гипометрий, %	Амплитуда гиперметрии (град)	Частота гиперметрий, %
Текст 1, 14°	$3,0^*$	57,8	$1,2^{***}$	7,9
Текст 2, 13°	$2,7^{**}$	52,2	$1,4^{***}$	11

Текст 3, 20°	4,5 ^{*,**}	72,4	1,0 ^{***}	8,4
Текст 4, 19°	4,3 ^{*,**}	72,3	0,8 ^{***}	4,3

*— статистически значимое отличие амплитуды гипометрии при чтении текста 3 и 4 по сравнению с текстом 1 ($p < 0.05$);

**— статистически значимое отличие амплитуды гипометрии при чтении текста 3 и 4 по сравнению с текстом 2 ($p < 0.05$);

***— статистически значимое отличие амплитуды гипометрии при чтении текста 1, текста 2, текста 3, текста 4 и по сравнению с гиперметрией при чтении текста 1, текста 2, текста 3, текста 4, соответственно ($p < 0.05$).

Из данных приведенных в таблице 1 видно, что наиболее частым типом ошибочных саккадических движений глаз при переводе взора с одной строки на другую была гипометрия, когда отмечался «недолет» взора до начала новой строки, составивший от 2,99 град до 4,45 град. При этом видно, что амплитуда гипометрии была прямо пропорциональна длине строки: чем длиннее строка текста, тем большим был угол ошибки гипометричного поворота глаз.

Частота совершения гипометрий составила 52–72% и была существенно выше, чем частота гиперметричных саккад (4–11%), когда отмечался «перелет» взора за начало новой строки. Ошибка дисметрии при гиперметричных саккадах составила 0,75–1,42 град и также была меньшей, чем при гипометричных саккадах.

Анализ продолжительности ЛП коррекции гипо- и гиперметричных движений глаз и возвратных саккад показал, что ЛП коррекционных гипометричных и гиперметричных саккад составил 127 ± 18 мс и 139 ± 31 мс, соответственно, а ЛП возвратных саккад составил 210 ± 25 мс.

Полученные данные о характере движений глаз при чтении текстов различной ориентации и форматирования свидетельствуют о том, что структуры зрительной системы, отвечающие за восприятие координат расположения текстовых знаков и контроль движений глаз, способны с точностью около 5 град оценивать боковым зрением начало новой строки, на которую должен быть переведен взор. При ошибочном — гипометричном или гиперметричном саккадическом повороте глаз, мозговой детектор выявляет и корригирует допущенную ошибку через 127–139 мс.

Время затрачиваемое мозговым детектором на выявление и коррекцию возвратных саккад, одной из причин совершения которых является недостаточное восприятие смыслового содержания прочитанного, составляет 210 мс и в 1,5 раза превышает временные затраты на обнаружение и коррекцию координатных ошибок саккадического поворота глаз.

DETECTION AND CORRECTION OF ERRONEOUS EYE MOVEMENTS IN THE PROCESS OF LITERARY TEXT READING

G.I. Protasevich, A.I. Kubarko

The data of quantitative estimation of static and dynamic parameters of normal, error and corrective saccades occurring in the process of literary text reading by healthy people are presented in the article. Statistically significant differences of hypometria and hypermetria depending on the type of text are found out according the results of analysis. Differences in the latency of incorrect eye movements and return eye movements are used to discuss brain detector strategy in the processing and organization of normal and corrective eye movements.

Литература:

1. Кубарко А. И. Системный анализ динамики обнаружения и коррекции дисметричных и ошибочных движений глаз мозговым детектором ошибок // Новости медико-биологических наук, 2012. Т.5, № 1, С. 5-20.
2. Кубарко А.И. Обнаружение и коррекция ошибочных движений глаз мозговым детектором ошибок при слежении за перемещающимся объектом// Физиология человека. 2012. Т.38, № 2, С. 23-30.
3. Deyue Yu, Heejung Park, David Gerold et al. Comparing reading speed for horizontal and vertical English text // Journal of Vision. 2010. Vol. 10(2):21, P. 1–17.