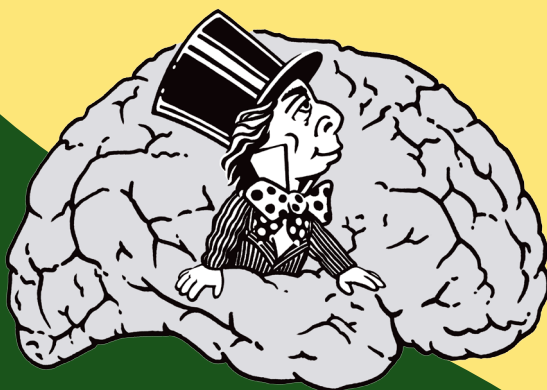


# КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2023

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман

УДК 159.9  
ББК 88.25  
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 21 – 22 июня 2023 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. – М.: ООО «Буки Веди», Московский институт психоанализа. 2023 г. – 604 стр.

© Авторы статей, 2023

ISBN 978-5-4465-3880-5

УДК 159.9  
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-3880-5

© Авторы статей, 2023

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВНИМАНИЯ И ПАМЯТИ**

М. Ю. Каверина\*, О. А. Кроткова

[MKaverina@nsi.ru](mailto:MKaverina@nsi.ru)

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России,  
Москва

**Аннотация.** Данные окуломоторного исследования все чаще используются в качестве чувствительных диагностических признаков при легких изменениях функционального состояния мозга, а в здоровой популяции — в качестве важной характеристики индивидуальных различий. Целью настоящего исследования являлось установление связей между параметрами движений глаз и показателями внимания и памяти в группе из 20 здоровых испытуемых. Две экспериментальные методики сопровождались регистрацией движений глаз. В первой перед испытуемым стояла задача обнаружения появляющихся на экране в псевдослучайном расположении одиночных стимулов и задержке на них взора на одну секунду. Во второй требовалось запомнить изображения предметов, сгруппированные по три в ряд, с экспозицией каждого триплета 10 секунд (Krotkova et al., 2018). Время ответа в первой методике оказалось связанным с успешностью выполнения Bells Test, где такие же стимулы требовалось обнаружить среди дистракторов на бумажном бланке и зачеркнуть. Чем оно было больше, тем больше пропущенных колокольчиков было на бумажном бланке Bells Test ( $r = .52, p = .0184$ ). Однако время ответа в первой методике не продемонстрировало корреляций с успешностью запоминания триплетов. Здесь, при запоминании реалистичных изображений предметов, решающее значение приобретало пространственное распределение зрительных фиксаций на стимуле, попадание взора в информационно насыщенные, важные в смысловом отношении области. Исследование показало, что скоростные характеристики глазодвигательного поведения демонстрируют разную связь с успешностью внимания и памяти.

**Ключевые слова:** айтрекинг, фиксации, саккады, внимание, память

Исследование поддержано грантом РФФИ 23-15-00018 «Спонтанная активность мозга при механическом и терапевтическом радиационном воздействии на гиппокамп».

### **Введение**

Данные окуломоторного исследования, как правило касающиеся скорости генерации саккад и следящих движений глаз, все чаще используются в качестве чувствительных диагностических признаков при легких изменениях функционального состояния мозга. Например, при легкой черепно-мозговой травме (Tirdad et al., 2021), доклинической стадии болезни Альцгеймера (Chehrehnegar et al., 2022), при снижении работоспособности, в ряде случаев

возникающей после выздоровления от COVID-19 (Kelly et al., 2022). Результаты глазодвигательных тестов при этом рассматриваются как «количественные биомаркеры» общего состояния здоровья мозга. Они сильно коррелируют с жалобами на снижение памяти, внимания, быструю утомляемость (Kelly et al., 2022). Индивидуальные различия в латентности саккад регистрируются и в здоровой популяции, что, в частности, позволяет разделять участников на подгруппы «быстрых» и «медленных» испытуемых, в зависимости от индивидуальной величины латентного периода саккадического ответа. Важно, что подгруппы, различающиеся по скорости движений глаз, различаются и по параметрам и топографии негативных компонентов зрительных вызванных потенциалов (Славущая и др., 2022). В другом исследовании индивидуальная «подвижность взора» во время просмотра короткого видеосюжета была связана с последующей успешностью его воспроизведения по памяти (Каверина и др., 2020). Все эти факты указывают на то, что «индивидуальная подвижность взора» и другие характеристики глазодвигательного поведения могут выступать маркерами эффективности когнитивного функционирования субъекта. Целью исследования являлось установление связей между параметрами движений глаз и показателями выполнения задач на внимание и память в группе из 20 здоровых испытуемых.

## Методика

Первая основанная на регистрации движений глаз (айтрекер Gazepoint) методика заключается в предъявлении испытуемому двух типов появляющихся поочередно стимулов: расположенной в центре экрана кнопки и возникающих в разных частях экрана колокольчиков. После обнаружения каждого стимула требуется одну секунду фиксировать его взором. Успешная фиксация сопровождается звуковым сигналом и подсветкой целевого стимула, после чего он исчезает и на экране появляется следующий. Задание выполняется в двух условиях: поиск на пустом экране и на фоне из таких же колокольчиков, как тот, который нужно найти. Продолжительность работы в каждом из условий — 60 секунд. Расстояние от кнопки до колокольчика всегда одинаковое, поскольку колокольчики возникают на невидимой окружности с центром в кнопке, однако для испытуемого их возникновение выглядит как случайное. Программное обеспечение методики позволяет анализировать время ответа, складывающееся из времени обнаружения стимула и начала устойчивой фиксации взора в этой области.

Вторая методика проводилась с использованием айтрекера Eye Tribe. Участнику предлагалось запоминать последовательность картинок с изображениями предметов, сгруппированных по три в ряд. Время экспозиции каждого триплета — 10 секунд. Подробное описание экспериментальной процедуры содержится в статье (Krotkova et al., 2018). Через 10 минут после предъявления стимулов требуется вспомнить и назвать предметы на картинках в свободном порядке. Еще через 15 минут интерференции проводится процедура узнавания стимульного материала. В псевдослучайном порядке появляются одиночные картинки, среди которых присутствуют как полностью идентичные

образцу, так и несколько отличающиеся от него мелкими деталями, цветом, расположением в пространстве. При появлении каждой картинки испытуемый должен сказать, видел ли он раньше именно эту картинку, видел ли похожую на нее или такой картинке не было совсем. Забытые при свободном воспроизведении картинки и ошибки узнавания рассматриваются как основные показатели мнестической функции в данных экспериментальных условиях.

Процессы распределения зрительного внимания изучались при помощи Bells Test. Этот тест традиционно используется для оценки количественного и качественного снижения внимания к той или иной области пространства. Тест не подвержен возрастным колебаниям в диапазоне 40–75 лет и почти не зависит от текущих занятий испытуемого, например от того, как много он пишет и читает в настоящее время (Paiva et al., 2017). Бланк теста представляет собой лист формата А4, на котором в псевдослучайном порядке находятся колокольчики и другие фигуры. Согласно инструкции, испытуемый должен как можно быстрее зачеркнуть все колокольчики на бланке.

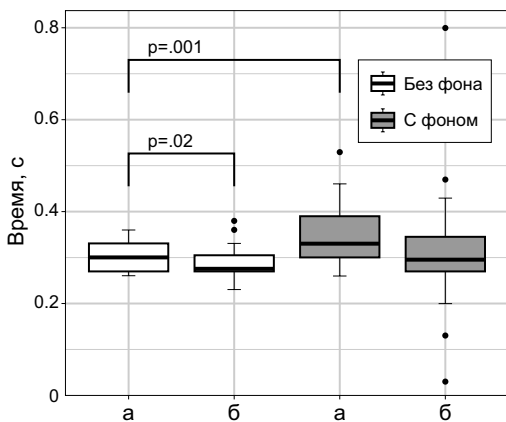
Три перечисленных задания выполнялись в рамках одного исследования в строго фиксированном порядке. Анализируются результаты 20 здоровых испытуемых в возрастном диапазоне 40–50 лет, из них 12 женщин. Статистический анализ проводился с помощью языка статистического программирования R (версия 4.2.0) в интегрированной среде разработки RStudio Server (версия 1.3.1093). Использовался критерий Уилкоксона для парных сравнений. Корреляция между количественными величинами оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена. Нулевую гипотезу в статистических тестах отклоняли при уровне значимости  $p \leq .05$ .

## Результаты

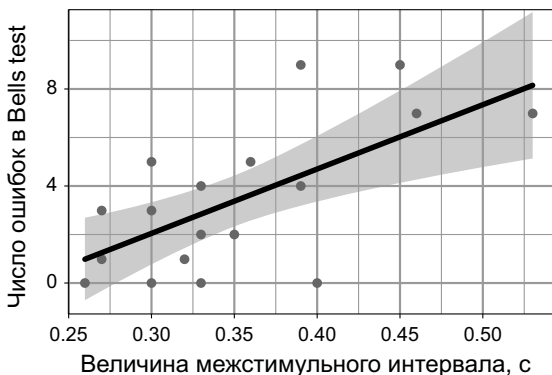
На рис. 1 представлены значения межстимульных интервалов в первой методике для двух условий обнаружения стимулов: когда они появляются на пустом экране без фона и когда возникают на фоне из таких же колокольчиков, что и целевой стимул. Обнаружение стимула на периферии требует большего времени, чем возврат взора в исходную позицию в центр экрана. Кроме того, время обнаружения стимула в окружении идентичных изображений значимо больше, чем без дистракторов.

На рис. 2 показана зависимость числа пропущенных колокольчиков в методике Bells Test от скорости обнаружения стимулов в первой методике. Чем больше времени требовалось испытуемому для обнаружения стимула в ситуации с фоновым шумлением, тем больше ошибок (пропусков колокольчиков) он допускал на бумажном бланке ( $r = .52$ ,  $p = .0184$ ). Корреляционный анализ времени ответа в первой методике и результатов запоминания картинок во второй методике значимых связей не обнаружил.

Однако для ошибок узнавания изображений во второй методике отчетливо прослеживалась связь с распределением паттерна зрительных фиксаций. Ошибки узнавания не возникали, если в момент восприятия стимулов зрительные фиксации располагались на информационно насыщенных элементах изображений. На рис. 3 представлены типичные распределения зрительных

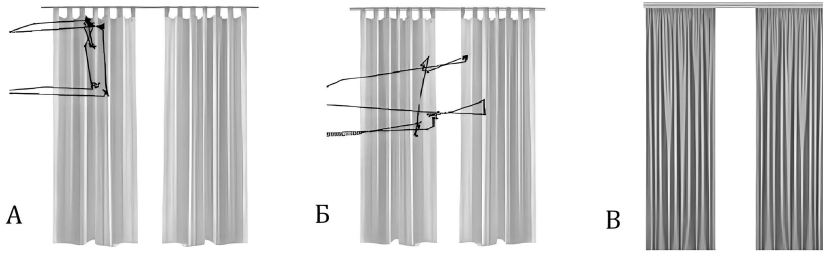


**Рисунок 1.** Время ответа в первой методике в условиях белого фона (белые бочонки) и в условиях фонового зашумления (заштрихованные бочонки): а – движение взгляда из центра на периферию; б – возврат от периферического стимула к центральной кнопке



**Рисунок 2.** Диаграмма рассеяния: число ошибок в Bells Test в зависимости от времени ответа в первой методике в ситуации с фоновым зашумлением

фиксаций при восприятии одного из стимульных изображений у испытуемых, давших правильные и ошибочные ответы во время узнавания. Время рассматривания стимула у испытуемых А и Б одинаковое. Однако зрительные фиксации испытуемого А захватывают область крепления штор к карнизу, тогда как испытуемый Б задерживает взор в неинформативной центральной части изображения. Через 30 минут, когда им предъявляется дистрактор В, испытуемый А отвечает, что картинка была другой, а испытуемый Б ошибочно отвечает, что видел в точности такие же шторы.



**Рисунок 3.** Распределение зрительных фиксаций на запоминаемом стимуле у испытуемых с его правильным (А) и ошибочным (Б) узнаванием. На рисунке В – дистрактор данного стимула в ситуации отсроченного узнавания

### Обсуждение и выводы

Параметры окуломоторного поведения, используемые в дифференциальной диагностике при нарушении работы мозга, рассматриваются как возможные показатели индивидуальной эффективности когнитивного функционирования. Наше исследование показало, что снижение скорости обнаружения целевых стимулов коррелирует с числом ошибок в тесте на внимание. Однако в условиях запоминания стимулов, когда «целевыми» становятся смысловые характеристики изображения, индивидуальная подвижность взгляда не обнаруживает связи с результатами. При запоминании реалистичных изображений предметов решающее значение приобретает пространственное распределение зрительных фиксаций на стимуле, попадание взгляда в информационно насыщенные, важные в смысловом отношении области.

### Литература

- Каверина М.Ю., Кроткова О.А., Данилов Г.В. Особенности динамики линии взгляда и запоминание событий // Вопросы психологии. 2020. Т. 66. № 1. С. 143 – 153.
- Славуцкая М.В., Карелин С.А., Котенев А.В. Негативные компоненты зрительных вызванных ответов в саккадической парадигме «GO/NOGO» у «быстрых» и «медленных» испытуемых // Физиология человека. 2022. Т. 48. № 1. С. 69 – 78. <https://doi.org/10.31857/S0131164622010143>
- Chehrehnegar N., Shati M., Esmaili M., Foroughan M. Executive function deficits in mild cognitive impairment: evidence from saccade tasks // Aging & Mental Health. 2022. Vol. 26. No. 5. P. 1001 – 1009. <https://doi.org/10.1080/13607863.2021.1913471>
- Kelly K.M., Anghinah R., Kullmann A., Ashmore R.C., Synowiec A.S., Gibson L.C., Manfrinati L., de Araújo A., Spera R.R., Brucki S.M.D., Tuma R.L., Braverman A., Kiderman A. Oculomotor, vestibular, reaction time, and cognitive tests as objective measures of neural deficits in patients post COVID-19 infection // Frontiers in Neurology. 2022. Vol. 13. P. 919596. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.919596>
- Krotkova O.A., Kaverina M.Y., Danilov G.V. Eye tracking and interhemispheric interaction in the distribution of spatial attention // Human Physiology. 2018. Vol. 44. No. 2. P. 175 – 182. <https://doi.org/10.1134/s0362119718020123>
- Paiva S.C.E., Viapiana V.F., de Oliveira Cardoso C., Fonseca R.P. Bells Test: Are there differences in performance between adult groups aged 40–59 and 60–75? // Dementia &

Neuropsychologia. 2017. Vol. 11. No.1. P. 40–47. <https://doi.org/10.1590/1980-57642016dn11-010007>

Tirdad K., Dela Cruz A., Austin C., Sadeghian A., Mousavi Nia S., Cusimano M. Machine learning-based approach to analyze saccadic eye movement in patients with mild traumatic brain injury // Computer Methods and Programs in Biomedicine Update. 2021. Vol. 1. P. 100026. <https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2021.100026>

## THE RELATIONSHIP BETWEEN INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF OCULOMOTOR BEHAVIOR AND INDICATORS OF ATTENTION AND MEMORY

M. U. Kaverina\*, O. A. Krotkova

[MKaverina@nsi.ru](mailto:MKaverina@nsi.ru)

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow

**Abstract.** Oculomotor examination data are increasingly used as sensitive diagnostic signs of mild changes in the functional state of the brain, and in healthy populations as an important characteristic of individual differences. The aim of this study was to look for correspondence between parameters of eye movements and indicators of attention and memory. In the first method, accompanied by the eye tracking, the task was to detect single stimuli appearing on the screen in a pseudorandom location and to fixate each of them for one second. In the second method, the participants were asked to memorize three object images in a row (Krotkova et al., 2018). The response time in the first method turned out to be associated with success on the Bells Test, where the same stimuli must be found among distractors and crossed out using pencil and paper. The longer the response time, the more missed bells were on the Bells Test paper form ( $r = .52$ ,  $p = .018$ ). However, the response time did not reveal correlations with the success of memorizing triplets. When memorizing realistic images of objects, the spatial distribution of visual fixations on the stimulus and moving the eye to information-rich, meaningfully important areas became crucial.

**Keywords:** eye-tracking, fixations, saccades, attention, memory

The study was supported by the Russian Academy of Sciences, Grant No. 23-15-00018: "Spontaneous brain activity during mechanical and therapeutic radiation exposure to the hippocampus".