

ВОЗРАСТНАЯ ПСИХОЛОГИЯ / DEVELOPMENTAL PSYCHOLOGY

Научная статья / Research Article
<https://doi.org/10.11621/npj.2024.0404>
УДК/UDC 159.91, 159.94, 159.95

Применение систем регистраций движений глаз в оценке зрительно-пространственной памяти у детей дошкольного возраста

Е.А. Панфилова¹, М.С. Асланова^{2,3}, С.В. Леонов², П.Ю. Сухочев², Е.А. Седогин⁴,
Глотова Г.А.², И.С. Поликанова¹ ✉

¹ Федеральное научное учреждение психологических и междисциплинарных исследований, Москва, Российская Федерация

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

³ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

⁴ Московский государственный университет спорта и туризма, Москва, Российская Федерация

✉ irinapolikanova@mail.ru

Резюме

Актуальность. Нейропсихологическая диагностика зрительного восприятия имеет важное значение в детском возрасте, поскольку на его основе формируются базовые навыки письма и чтения. Актуальным направлением сегодня является интеграция объективных методов в дополнение к классическим методикам, что позволяет выявлять признаки нарушений на ранних стадиях.

Цель. Данное исследование направлено на выявление связи между глазодвигательными паттернами у детей дошкольного возраста с использованием айтрекера Pupil Invisible и эффективностью выполнения ими заданий на невербальное зрительное запоминание.

Выборка. В исследовании приняли участие воспитанники дошкольного образовательного учреждения г. Москвы (N = 53, 25 девочек 6,76±0,32 лет и 28 мальчиков 6,74±0,31 лет).

Результаты. Обнаружены значимые различия в количестве фиксаций между детьми, показавшими высокие и низкие результаты запоминания пространственного расположения стимулов ($p < 0,01$). Результаты были сопоставлены с результатами методик на когнитивную гибкость, невербальный интеллект и уровень развития мелкой моторики, что позволило более четко отделить функции зрительной рабочей памяти от других управляющих процессов. Уровень когнитивной гибкости, невербальный интеллект и мелкая моторика не влияют на эти различия. Количество фиксаций связано со шкалой «Расположение» ($R_h = 0,35, p < 0,01$). Глазодвигательные показатели снижаются при переходе от первого к четвертому уровню ($0,001 < p < 0,01$) на каждый стимул.

Выводы. Успешно апробировано применение систем регистрации движений глаз совместно с проведением оценки невербальной зрительной рабочей памяти, что отражает перспективность использования современных технологий в изучении когнитивных процессов. Участники с высоким уровнем пространственной памяти совершают больше фиксаций во время просмотра изображения. Общая концентрация внимания увеличивается с повышением сложности заданий. Глазодвигательные реакции могут играть дополнительную роль в успешности запоминания зрительной информации, что отражает процессы модуляции зрительной рабочей памяти.

Ключевые слова: айтрекинг, фиксации, саккады, зрительно-пространственная память, невербальная рабочая память

Для цитирования: Панфилова, Е.А., Асланова, М.С., Леонов, С.В., Сухочев, П.Ю., Седогин, Е.А., Глотова, Г.А., Поликанова, И.С. (2024). Применение систем регистраций движений глаз в оценке зрительно-пространственной памяти у детей дошкольного возраста. *Национальный психологический журнал*, 19(4), 58–77. <https://doi.org/10.11621/npj.2024.0404>

The Application of Eye Movement Registration Systems in the Assessment of Visuospatial Memory in Preschool Children

Elizaveta A. Panfilova¹, Margarita S. Aslanova^{2,3}, Sergey V. Leonov², Pavel Yu. Sukhochev², Evgeny A. Sedogin⁴, Galina A. Glotova², Irina S. Polikanova¹ ✉

¹Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

³Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

⁴Moscow State University of Sports and Tourism, Moscow, Russian Federation

✉ irinapolikanova@mail.ru

Abstract

Background. Neuropsychological diagnostics of visual perception is of great importance in childhood, as it is the basis for the formation of basic writing and reading skills. The integration of objective methods with the classical ones is a widespread trend, allowing to detect signs of disorders at early stages.

Objective. This study is aimed at identifying the relationship between oculomotor patterns in preschool children using the Pupil Invisible eye tracker and their performance on nonverbal visual tasks related to working memory.

Study Participants. The study involved preschool children from a preschool educational institution in Moscow (N = 53, 25 girls 6.76±0.32 years old and 28 boys 6.74±0.31 years old).

Results. Significant differences were found in the number of fixations between children who showed high and low results in memorizing the spatial location of stimuli ($p < 0.01$). The results were also compared with the results of tests on cognitive flexibility, nonverbal intelligence, and fine motor skills, allowing for a clearer separation of visual working memory functions from other control processes. The level of cognitive flexibility, nonverbal intelligence, and fine motor skills did not affect these differences. The number of fixations is related to the Location scale ($R_h = 0.35$, $p < 0.01$). Oculomotor performance decreased from level one to level four ($0.001 < p < 0.01$) per stimulus.

Conclusions. The use of eye movement recording systems in conjunction with the assessment of nonverbal visual working memory has been successfully tested, reflecting the promising use of modern technologies in the study of cognitive processes. Participants demonstrating high levels of spatial memory show more fixations while viewing an image. Overall attentional focus increased with increasing task difficulty. Oculomotor responses may play an additional role in the success of memorizing visual information, reflecting the modulation processes of visual working memory.

Keywords: eye-tracking, fixations, saccades, visual-spatial memory, nonverbal working memory

For citation: Panfilova, E.A., Aslanova, M.S., Leonov, S.V., Sukhochev, P.Yu., Sedogin, E.A., Glotova, G.A., Polikanova, I.S., (2024). The application of eye movement registration systems in the assessment of visual-spatial memory in preschool children. *National Psychological Journal*, 19(4), 58–77. <https://doi.org/10.11621/npj.2024.0404>

Введение

Высшие психические функции (ВПФ) формируются прижизненно под воздействием социальных факторов и обладают особенностями развития: гетерохронностью, речевой опосредованностью и произвольностью (Лурия, 1962; Трушкина, Скобло, 2022). На их формирование влияют внутренние и внешние факторы. Кроме того, детский мозг обладает высокой пластичностью, которая обеспечивает высокий уровень компенсации нарушенных функций (Fandakova, Hartley, 2020).

При диагностике детей дошкольного возраста важно помнить, что в этот период еще недостаточно развиты регуляторные функции (Чернова и др., 2014; Chichinina, Gavrilova, 2022; Zakharova, Machinskaya, 2023). Речевые функции в этом возрасте также характеризуются недостаточно полным развитием (Ахутина

и др., 2013; Ощепкова, 2023). При этом сенсорные процессы, к примеру, зрительное восприятие, с одной стороны, формируется в онтогенезе достаточно рано, а с другой стороны, на его основе формируются такие базовые навыки, как письмо и чтение (Безруких, Теребова, 2009; Burmenskaya, 2022; Soldatova, Rasskazova, 2022). Это подчеркивает значимость зрительного гнозиса в процессе обучения и развития ребенка.

Процесс зрительного восприятия обеспечивается совместной работой целого комплекса различных когнитивных функций, в том числе зрительно-пространственным вниманием, памятью, когнитивным контролем, зрительно-моторной интеграцией и координацией. Это, в свою очередь, обеспечивает процесс поэтапного восприятия релевантной визуальной информации, необходимой для реализации текущей деятельности.

Зрительно-пространственное внимание отвечает за выбор значимой сенсорной информации, необходимой для восприятия в данный момент (Theeuwes et al., 2011), и формирования программы действий. При этом перед обработкой зрительной информации она удерживается в виде зрительно-пространственных образов в последовательности буферных хранилищ, последним из которых является буфер зрительной рабочей памяти (Skrzypulec, Chuderski, 2020). Можно сказать, что рабочая память — это система, направленная внутрь произвольного внимания, необходимая для контроля внутренних представлений (Fuster, 2008). Вместе с этим все еще неизвестно, связано ли зрительно-пространственное внимание с механизмами невербальной рабочей памяти и влияет ли внимание на процесс запоминания образов и их дальнейшее восприятие.

При реализации различных когнитивных задач, в том числе и зрительно-пространственного восприятия, задействуется целый комплекс сходных мозговых структур, обеспечивающих, к примеру, планирование и контроль (дорсолатеральная часть префронтальной коры); принятие решений, ожидание награды, оценку эмоциональной и мотивационной информации (передняя цингулярная кора); интеграцию сенсорных данных, пространственную ориентацию, проприоцепцию и анализ визуально-пространственных соотношений (височно-теменные зоны коры); обработку сенсорной информации и направленность внимания (таламус). Благодаря этому эффективность работы разных когнитивных функций тесно коррелирует между собой (Zurrin et al., 2024). Кроме того, существуют данные, свидетельствующие о взаимосвязи ряда функций, которые на первый взгляд могут казаться независимыми друг от друга. Например, интересующие нас процессы зрительного распознавания взаимосвязаны с уровнем развития невербального интеллекта (Zakharov et al., 2016), отвечающего за способность решать новые задачи. Также показано, что зрительная рабочая память коррелирует с уровнем развития процессов когнитивной гибкости (Веракса и др., 2020), отражающих способность управления своим поведением на основе системы внутренних образов и возможности вовремя переключаться между ними в незнакомых ситуациях.

В настоящее время появляются исследования, которые показывают, что на развитие зрительно-моторной интеграции в детском возрасте, связанной с обеспечением предметно-пространственной среды и освоением сенсомоторной координации, положительное влияние может оказывать физическая активность ребенка (Гаврилова и др., 2023). Возраст 5–7 лет характеризуется интенсивным созреванием корковых зон и внутрикорковых связей, что отражается в значительном улучшении не просто зрительного гнозиса, но и показателей зрительно-моторной интеграции и зрительно-пространственного восприятия: растет умение выделять пространственные отношения объектов и их деталей (Безруких, Терехова, 2009), а также увеличивается объем невербальной

памяти как на образы, так и на пространственное расположение значимых объектов (Безруких, Терехова, 2009; Горшкова, 2022; Buss et al., 2018).

Это также объясняется тем, что в решении познавательных и двигательных задач участвуют одни и те же мозговые структуры, такие как мозжечок и дорсолатеральная префронтальная кора головного мозга (Diamond, 2000). Следует отметить, что мозжечок, префронтальная кора, а также базальные ганглии участвуют в координации не только произвольных движений конечностей, но и в системе глазодвигательного контроля. Успешность выполнения двигательной задачи у дошкольника значимо коррелирует с решением зрительно-пространственных задач (Фаликман, 2009), а повреждение анатомических структур, возможно, ведет к нарушениям обработки информации, при которых наблюдается снижение синхронизации зрительных и моторных функций (Фаликман, 2006), в частности, координации движения глаз и рук. С другой стороны, было установлено, что глазодвигательные реакции не только обеспечивают восприятие визуальных стимулов, но и направляют произвольную часть внимания на значимые в данный момент объекты (Walcher et al., 2024). Следовательно, мы предполагаем, что взаимосвязь когнитивных процессов невербальной памяти может быть прослежена не только на уровне координации движений глаз и рук, но и при изолированном изучении глазодвигательных реакций.

Современные исследования все чаще показывают состоятельность их использования, наряду с классическими нейропсихологическими методиками, также и современными технологиями, в частности, айтрекинга (Liu et al., 2023; Olsen et al., 2014; Walcher et al., 2024). Достоинством таких систем является то, что они позволяют подробнее изучить механизм работы зрительно-пространственной памяти и выделить возможные причины нарушения, в частности, низкий уровень внимания от более глубоких механизмов нарушения памяти (Van der Stigchel, Hollingworth, 2018). Так, в работе Р.К. Олсен и др. (Olsen et al., 2014) оценивается взаимосвязь сдвигов внимания с работой зрительно-пространственной памяти на примере анализа паттернов фиксации. Продолжительность первой фиксации позволила изучить проспективную память у детей 6–7 и 9–10 лет и ее взаимосвязь с регуляторными функциями, в том числе с рабочей памятью (Hartwig et al., 2021).

Однако многие работы по изучению окуломоторных реакций зрительной рабочей памяти характеризуются вариативностью методик и парадигм исследования, что говорит об актуальности данного направления исследований. Наша работа предлагает к обсуждению применение систем регистрации движений глаз во время проведения диагностики зрительной рабочей памяти с целью поиска специфических глазодвигательных паттернов, отражающих работу когнитивных процессов невербальной памяти. В первой части работы представлен анализ

результатов отслеживания движений глаз детей дошкольного возраста ($N = 53$) во время прохождения субтеста «Память на конструирование» диагностического комплекса NEPSY-II (Korkman et al., 2007), направленного на диагностику уровня развития зрительно-пространственной рабочей памяти.

Поскольку одной из ключевых проблем изучения зрительной рабочей памяти является вопрос отделения ее от других управляющих процессов ввиду их взаимосвязи друг с другом, во второй части работы глазодвигательные стратегии запоминания дошкольников были проанализированы с учетом уровня развития невербального интеллекта, функций когнитивной гибкости, а также степени развития базовых моторных навыков.

Уровень развития невербального интеллекта оценивался с помощью Цветного варианта прогрессивных матриц Дж. Равена (ЦПМП) (Raven et al., 2002), поскольку в литературе показано, что успешность переработки зрительно-пространственной информации коррелирует с эффективностью выполнения заданий на диагностику наглядно-действенного мышления с опорой на зрительные образы (ЦПМП) (Ягудина, 2014).

Для оценки уровня развития когнитивной гибкости в исследование были включены результаты диагностики переключения с помощью методики «Сортировка карт по изменяемому признаку» (“Dimensional Change Card Sort” — DCCS) (Zelazo, 2006), так как была показана взаимосвязь зрительно-пространственной памяти с переключением у детей возраста 6–7 лет, то есть с одним из параметров когнитивной гибкости (Веракса и др., 2020). Как было показано выше, тесная связь между двигательными функциями и зрительно-пространственным восприятием обуславливает важность зрительной памяти для успешного освоения навыков письма (Безруких, Теребова, 2009; Фаликман, 2009), то есть мелкой моторики. Поэтому мы также включили в исследовательскую батарею тестов методику определения уровня развития базовых двигательных навыков и моторной компетентности (Movement Assessment Test Battery for Children-2) (Henderson et al., 2007).

Данный подход к исследованию позволит не только проследить взаимосвязь глазодвигательных стратегий с объемом зрительной рабочей памяти, но и выявить специфические глазодвигательные паттерны компонентов зрительно-пространственной памяти, не зависящие от показателей других методик, что в будущем поможет скорректировать проведение диагностики путем внедрения инновационных технологий.

Выборка

В исследовании принимали участие воспитанники дошкольного образовательного учреждения г. Москвы. Все родители были проинформированы о це-

лях исследования и подписали информированное согласие на участие их детей в исследовании. Всего было продиагностировано 53 ребенка, среди которых приняли участие 25 девочек ($6,76 \pm 0,32$ лет) и 28 мальчиков ($6,74 \pm 0,31$ лет). Все дети посещают детский сад не менее 2 лет.

Процедура исследования

Диагностика осуществлялась квалифицированными исследователями, обладающими навыками психологической диагностики детей дошкольного возраста. Процедура проводилась в индивидуальном порядке в отдельной комнате. Перед каждой методической ребенку была объяснена инструкция и проведено ознакомительное задание. Во время выполнения заданий ребенку не сообщалось никаких дополнительных инструкций и подсказок, а также было проконтролировано отсутствие отвлекающих факторов: шум, яркий свет, блики или тени на стимульных материалах и т.д.

Цель

Основной целью работы было изучение взаимосвязи уровня развития зрительной рабочей памяти и глазодвигательных реакций у детей 6–7 лет, а также поиск специфических паттернов движения глаз. На основе представленных литературных данных нами выдвигается гипотеза о том, что уровень развития зрительной невербальной памяти у детей дошкольного возраста будет значимо связан с зрительно-моторной координацией, оцениваемой по глазодвигательным параметрам с использованием айтрекера.

Методы

Было проведено комбинированное исследование с применением систем регистрации движений глаз во время проведения субтеста «Память на конструирование», направленного на оценку зрительной невербальной памяти, из диагностического комплекса NEPSY-II (Korkman et al., 2007).

Кроме того, был проведен ряд дополнительных тестов на когнитивную гибкость (тест «Сортировка карт по изменяемому признаку»), невербальный интеллект (методика Цветные прогрессивные матрицы Равена) и уровень развития мелкой моторики (Movement Assessment Test Battery for Children-2), что позволило более четко отделить функции зрительной рабочей памяти от других управляющих процессов.

1. Описание субтеста «Память на конструирование»

Субтест «Память на конструирование диагностического комплекса NEPSY-II (Korkman et al., 2007) был

использован для диагностики развития зрительной рабочей памяти.

В материалы методики входят стимульная книга, набор карточек с целевыми стимулами и дистракторами, пустая решетка и протокол исследования. Стимульные изображения в книге представлены в виде набора картинок, расположенных в ячейках матрицы. На столе строго перед исследуемым расположена стимульная книга на подставке под углом 45 градусов. Пустая рамка лежит строго перед стимульной книгой так, что края рамки совпадали с краями книги. Ребенку показывают стимульное изображение на рамке и предлагают запомнить содержание рисунков и их расположение. Через 10 секунд рамка убирается из поля зрения. Ребенка просят выбрать нужное количество карточек и расположить их на пустой решетке, воспроизводя показанное ранее изображение. Содержание картинок и их расположение должно совпадать с целевым стимулом в книге. Всего было 4 задания с разным количеством запоминаемых картинок, а также разным количеством карточек выбора (Таблица 1).

Таблица 1
Количество карточек во время демонстрации стимулов и количество карточек для выбора при проведении теста

| Уровень | Количество картинок для запоминания | Количество карточек для выбора |
|-----------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Задание 1 | 4 | 8 |
| Задание 2 | 6 | 10 |
| Задание 3 | 6 | 12 |
| Задание 4 | 8 | 16 |

Table 1
Number of cards during stimulus demonstration and number of cards to select during test administration

| Level | Number of pictures to memorize | Number of cards to select |
|--------|--------------------------------|---------------------------|
| Task 1 | 4 | 8 |
| Task 2 | 6 | 10 |
| Task 3 | 6 | 12 |
| Task 4 | 8 | 16 |

Во 2 и 4 заданиях прибавлялось по 2 новых карточки для запоминания к известным предыдущим. Стопка карточек для выбора содержала правильные картинки и дистракторы с похожими рисунками, но с недостающими или измененными элементами. После того, как ребенок разложил все карточки, исследователь отмечает их расположение в протоколе и номера карточек по алгоритму: *Верная карта* и *Дистрактор*. Расчет баллов осуществляется по трем шкалам: *Образы*, *Расположение* и *Бонус* за совпадение образа

карточки и ее расположения. Суммирование по трем шкалам составляет итоговый балл. Время выполнения всей методики составляло 10–20 минут.

2. Анализ глазодвигательных параметров

Глазодвигательные параметры были записаны с использованием инфракрасного видеозаписывающего айтрекера Pupil Labs Invisible (Tonsen et al., 2020).

Запись осуществлялась только во время проведения субтеста «Память на конструирование» (Рисунок 1). Очки были надеты на ребенка на протяжении всей методики и не мешали её проведению. Перед началом задания ребенку было дано время на то, чтобы познакомиться с очками-айтрекером и привыкнуть к их ношению. Проверка на доминантный глаз не проводилась. Данные были собраны в режиме реального времени с помощью приложения Companion App (Pupil Labs GmbH) на записывающем телефоне и выгружены в облачное хранилище Pupil Cloud. Частота записи данных айтрекера составляла 200 Гц. Частота записи внешней камеры 30 Гц. Поле зрения 70° × 70°.

3. Дополнительные тесты на когнитивную гибкость, невербальный интеллект и уровень развития мелкой моторики

Для дополнительного анализа были использованы методики на оценку когнитивной гибкости, невербального интеллекта, а также базовых двигательных навыков и моторной компетенции.

Когнитивная гибкость

Для оценки развития когнитивной гибкости использовался тест «Сортировка карт по изменяемому признаку» (“Dimensional Change Card Sort”, DCCS) (Zelazo, 2006).

Тест состоит из трех заданий, в которых ребенку необходимо сортировать карточки с изображениями зайцев и лодок согласно разным правилам: по цвету, по форме, с переключением правил. К 5–6 годам большинство дошкольников справляется с первыми двумя сериями заданий. Поэтому решающим для определения уровня развития переключения в старшем дошкольном возрасте является балл, набранный ребенком в третьей серии. Поскольку было показано, что зрительно-пространственная память связана с переключением (Веракса et al., 2020) у детей возраста 6–7 лет, то в анализе были учтены баллы только третьей серии переключения методики.

Невербальный интеллект

Для определения уровня невербального интеллекта использовался Цветной вариант Прогрессивных Матриц Равена (ЦПМР). Тест содержал три пробы (А, АВ, В) по 12 заданий в каждом (Raven et al., 2002)¹.

Уровень развития мелкой моторики

Влияние уровня развития мелкой моторики дошкольников на зрительно-пространственную память оценивалось с использованием результатов методики для диагностики уровня развития базовых

¹ Подробнее с техникой проведения методики можно ознакомиться по ссылке (Raven et al., 2002).

двигательных навыков и моторной компетентности: Movement Assessment Test Battery for Children-2 (Henderson S.E. et al., 2007). Тест для детей дошкольного возраста состоит из 3 блоков, направленных на диагностику мелкой моторики, меткости и ловкости,

статического и динамического равновесия (Гаврилова и др., 2023). В анализе нашей работы учтен только стандартный балл Manual Dexterity, рассчитанный на основе суммарного балла по трем заданиям на мелкую моторику.

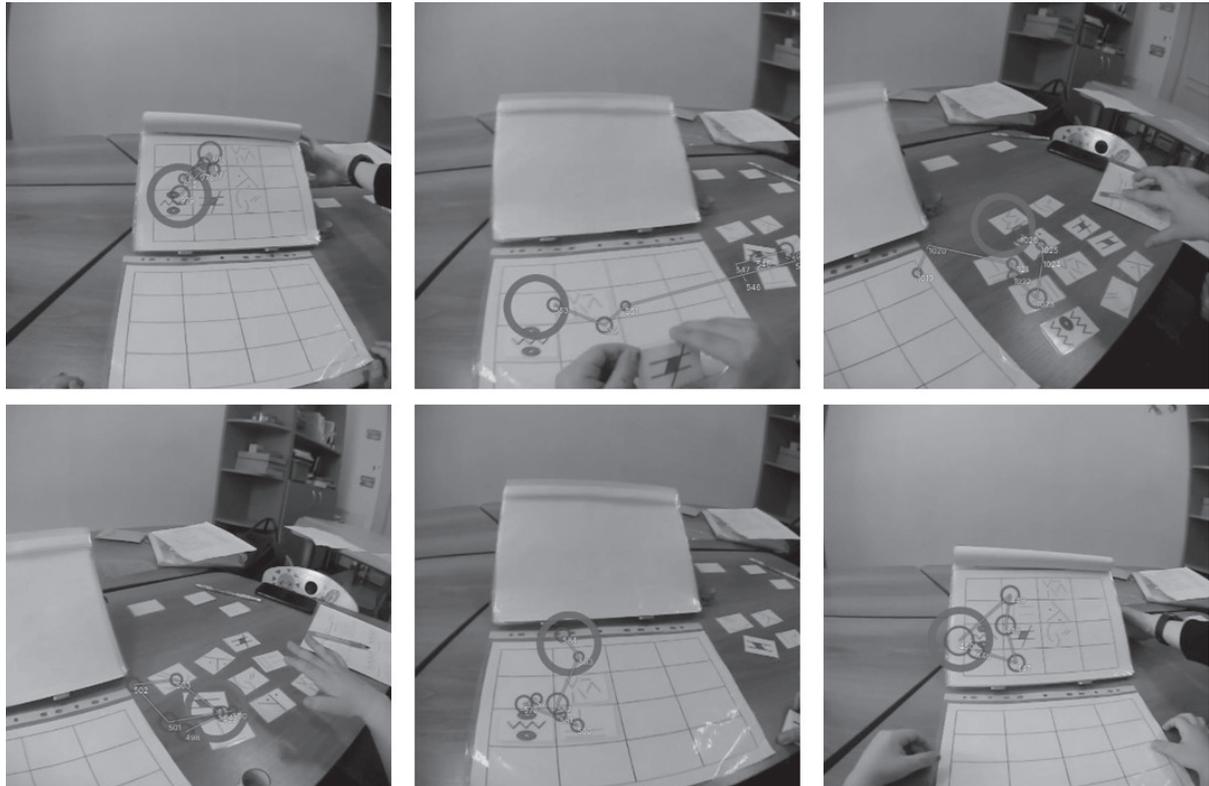


Рисунок 1

Пример записи глазодвигательных параметров во время проведения субтеста «Память на конструирование»

Figure 1

An example of recording of the oculomotor parameters during the Construct Memory subtest

Обработка данных и статистический анализ

Записи, полученные с систем регистрации движений глаз, были проанализированы для этапа демонстрации изображения, чтобы изучить зрительное поведение детей во время запоминания визуального материала. В нашем исследовании в качестве анализа зрительных реакций рабочей памяти было решено оценить следующие параметры: количество и длительность фиксации, скорость и амплитуду саккад. Длительность и количество фиксации было рассчитано как общая сумма параметра за время демонстрации стимулов для каждого задания в отдельности, а также за общее время просмотра изображений на протяжении всего эксперимента. Амплитуда, средняя и пиковая скорость саккад были рассчитаны как средние значения параметров также за время демонстрации стимулов для каждого задания в отдельности

и за общее время просмотра изображений на протяжении всего эксперимента

Обработка данных, в частности, и статистический анализ осуществлялся в программе RStudio. Результаты 47 человек были включены в анализ глазодвигательных параметров. Данные для 6 человек были исключены из анализа из-за большого количества артефактов. Для повышения точности анализа из общей выборки данных были удалены выбросы. Для проверки на нормальное распределение был проведен тест Шапиро — Уилка. Статистическая оценка запоминания визуального материала проводилась в три этапа:

1) Анализ глазодвигательных реакций за весь период демонстрации стимула. Для каждого участника результаты трех шкал методики «Память на конструирование» (*Образы, Расположение и Общий результат*) были поделены на три уровня выполнения

задания в соответствии с установленными нормами (Алмазова, 2024): высокие, средние и низкие показатели (Таблица 2).

Таблица 2

Средние значения и стандартные отклонения результатов диагностики уровня развития зрительно-пространственной памяти у дошкольников подготовительных групп

| Образы | | | |
|-----------------|----------------|------------------|------------------|
| Уровень | Низкий (n = 4) | Средний (n = 38) | Высокий (n = 5) |
| Баллы | 32,5±1,29 | 41,1±3,57 | 46,8±0,84 |
| Расположение | | | |
| Уровень | Низкий (n = 3) | Средний (n = 24) | Высокий (n = 20) |
| Баллы | 14,3±2,52 | 20,0±2,35 | 23,4±1,39 |
| Общий результат | | | |
| Уровень | Низкий (n = 7) | Средний (n = 36) | Высокий (n = 4) |
| Баллы | 58,7±7,48 | 88,1±14,7 | 115,0±4,57 |

Table 2

Mean values and standard deviations of the results of diagnostics for the level of visual-spatial memory development in preschoolers of preparatory groups

| Images | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|
| Level | Low (n = 4) | Medium (n = 38) | High (n = 5) |
| Scores | 32.5±1.29 | 41.1±3.57 | 46.8±0.84 |
| Location | | | |
| Level | Low (n = 3) | Medium (n = 24) | High (n = 20) |
| Scores | 14.3±2.52 | 20.0±2.35 | 23.4±1.39 |
| Total score | | | |
| Level | Low (n = 7) | Medium (n = 36) | High (n = 4) |
| Scores | 58.7±7.48 | 88.1±14.7 | 115.0±4.57 |

Исходя из описательной статистики (Таблица 2) более 70% участников отнесены в группу среднего уровня развития зрительно-пространственной памяти по шкале «Образы» и «Общий результат». Согласно результатам шкалы «Расположение» респонденты были распределены между средним и высоким уровнем практически поровну. В связи с малой вариативностью результатов методики «Память на конструирование» было принято решение поделить выборку расчетом терцилей. В Таблице 3 приведены значения терцилей, между которыми была распределена выборка участников по каждой шкале методики.

Таблица 3

Значения верхнего, среднего и нижнего терцилей

| Образы | | | |
|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Терциль | Нижний (n = 16) | Средний (n = 15) | Верхний (n = 16) |
| Баллы | 39 | 44 | 48 |
| Расположение | | | |
| Терциль | Нижний (n = 16) | Средний (n = 15) | Верхний (n = 16) |
| Баллы | 20,3 | 23,6 | 24 |
| Общий результат | | | |
| Терциль | Нижний (n = 16) | Средний (n = 15) | Верхний (n = 16) |
| Баллы | 73,6 | 97,6 | 120 |

Table 3

Values of lower, middle and upper quantiles (n/3)

| Images | | | |
|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Quantile (n/3) | Lower (n = 16) | Middle (n = 15) | Upper (n = 16) |
| Scores | 39 | 44 | 48 |
| Location | | | |
| Quantile (n/3) | Lower (n = 16) | Middle (n = 15) | Upper (n = 16) |
| Scores | 20.3 | 23.6 | 24 |
| Total score | | | |
| Quantile (n/3) | Lower (n = 16) | Middle (n = 15) | Upper (n = 16) |
| Scores | 73.6 | 97.6 | 120 |

Сравнительный анализ проводился для выявления различий глазодвигательных реакций между верхним и нижним терцилями для каждой шкалы: «Образы», «Расположение», «Общий балл». Исследуемые выборки терцилей были распределены нормально. Выявление различий глазодвигательных параметров между группами (верхний и нижний терциль) было проведено с использованием Т-критерия для независимых выборок. Post-hoc сопоставления были проведены с использованием парных сравнений с поправкой Бонферрони на множественные сравнения.

Для изучения зависимости между глазодвигательными реакциями и уровнем развития зрительно-пространственной памяти был проведен корреляционный анализ окуломоторных показателей с результатами трех шкал методики: «Образы», «Расположение», «Общий балл» для всех результатов исследования. Значения параметров глазодвигательных реакций (длительность фиксации, количество фиксации, средняя скорость, пиковая скорость и амплитуда саккад) попарно сопоставлялись с баллами шкал методики «Память на

конструирование» («Содержание», «Расположение», «Общий результат»). Соответственно, всего в исследовании было проанализировано 18 пар наблюдений. Корреляционный анализ проводился с помощью коэффициентов Спирмана или Пирсона в зависимости от распределения сравниваемых выборок.

2) Анализ глазодвигательных реакций по уровням сложности заданий субтеста «Памяти на конструирование» в период демонстрации стимулов. Для выявления различий глазодвигательных реакций между уровнями сложности был проведен сравнительный анализ эффекта сложности заданий («Задание 1», «Задание 2», «Задание 3», «Задание 4») с целью изучения динамики изменений глазодвигательных реакций во время запоминания зрительного материала. Поскольку распределение значений глазодвигательных параметров для каждого уровня сложности было отличным от нормального, выявление различий между заданиями разной сложности был проведен с использованием критерия Краскела — Уоллиса. Для post-hoc сопоставлений был использован тест Данна с поправкой Бонферрони на множественные сравнения.

3) Ковариационный анализ показателей глазодвигательных реакций с результатами оценки уровня развития когнитивной гибкости, невербального интеллекта и мелкой моторики. Метод ANCOVA был использован для сравнительного анализа глазодвигательных параметров между двумя группами (верхний и нижний терциль) с учетом влияния возможных ковариат: баллов методик «Сортировка карт по изменяемому признаку», Цветного варианта Про-

грессивных Матриц Равена и Movement Assessment Test Battery for Children-2.

Все результаты считались значимыми при значении p -value меньше 0,05.

Результаты

На предварительном этапе обработки данных расчет и анализ всех показателей проводился отдельно для мальчиков и девочек. Ввиду отсутствия статистически достоверных различий между группами разного пола было решено объединить всех участников в одну группу.

Анализ глазодвигательных реакций за демонстрации стимулов за весь эксперимент

T-критерий

Сравнительный анализ саккад не показал значимых отличий между двумя группами для всех шкал.

Статистический анализ общего количества фиксаций показал тенденцию к отличиям между группами верхнего и нижнего терцилей для баллов шкалы «Общий результат» (Таблица 4). Общее количество фиксаций значимо различалось между группами, рассчитанными по баллам шкалы «Расположение» ($p < 0,05$). Post-hoc сопоставления выявили значимые различия в общем количестве фиксаций между верхним и нижним терцилями (Таблица 4).

На Рисунке 2 видно, что более высоким значениям шкалы соответствует большее количество фиксаций.

Таблица 4

Средние значения общего количества фиксаций для двух групп терцилей по шкалам «Общий результат» и «Расположение»

| Показатель | Группа | | t | df | p | Размер эффекта |
|-----------------|-----------------|------------------|-------|----|----------|----------------|
| | Нижний (n = 16) | Верхний (n = 15) | | | | |
| Общий результат | 90,1±15,5 | 100,13±17,0 | -1,71 | 28 | p < 0,1 | 0,6 |
| Расположение | 94,0±17,6 | 118,6±20,8 | -2,1 | 27 | p < 0,05 | 1,2 |

Примечание: df — число степеней свободы

Table 4

Mean values of the total number of fixations for two quantile groups of the “Total” and “Location” scales

| Index | Quantile (n/3) group | | t | df | p | d Cohen's |
|-------------|----------------------|----------------|-------|----|----------|-----------|
| | Lower (n = 16) | Upper (n = 15) | | | | |
| Total score | 90.1±15.5 | 100.13±17.0 | -1.71 | 28 | p < 0.1 | 0.6 |
| Location | 94.0±17.6 | 118.6±20.8 | -2.1 | 27 | p < 0.05 | 1.2 |

Note: df — number of degrees of freedom

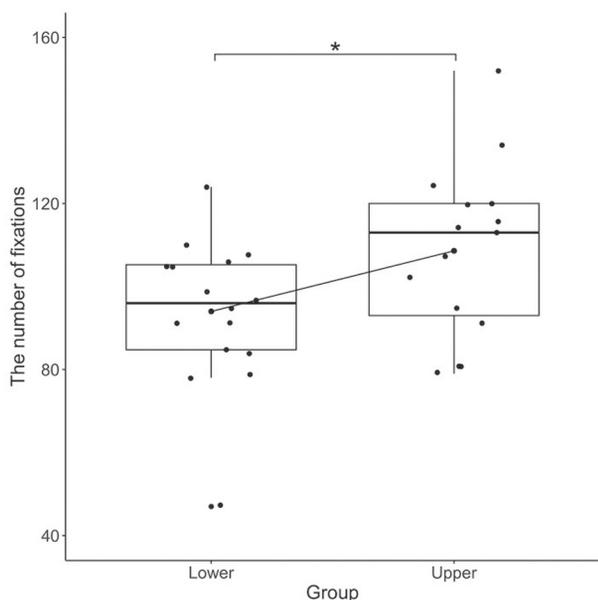


Рисунок 2

График общего количества фиксаций за весь эксперимент для групп верхнего и нижнего терцилей шкалы «Расположение» дошкольников подготовительной группы

Примечание: The number of fixations — количество фиксаций, Lower — Нижний терциль, Upper — Верхний терциль. * — обозначены статистически значимые отличия между Высоким и Средним уровнями, $p < 0,05$

Figure 2

Graph of the total number of fixations for the whole experiment quantile groups (n/3) of Location scale in preschoolers of the preparatory group

Note: The number of fixations is the number of fixations, Upper — upper quantile (n/3), Lower — lower quantile (n/3). * — statistically significant differences between High and Medium levels are indicated, $p < 0.05$

Корреляционный анализ

Для результатов параметров саккад и длительности фиксаций, рассчитанных суммарно за все четыре задания, коэффициент корреляции не выявил значимой зависимости. Напротив, количество фиксаций связаны со значениями шкалы «Расположение средней силы корреляции» ($p = 0,02$, $R_h = 0,32$). Взаимосвязи количества фиксаций с другими шкалами не обнаружено.

Анализ глазодвигательных реакций по уровням сложности заданий субтеста «Память на конструирование» в период демонстрации стимулов

В дополнение была проведена статистическая обработка результатов каждого задания по отдельности. Чтобы исключить влияние количества стимулов

в заданиях, рассчитанные значения длительности и количества фиксаций за каждое задание были поделены на количество предъявляемых стимулов в соответствующем задании.

Исследование параметров саккад не обнаружило значимых отличий между заданиями. Критерий Краскела — Уоллиса выявил значимые отличия показателей фиксаций между заданиями ($p < 0,001$). Post-hoc попарные сопоставления выявили значимые различия в количестве фиксаций между следующими парами 1–2, 1–4, 1–3, 2–4, 3–4 (Таблица 5). Различий между вторым и третьим уровнем не обнаружено. Графики (Приложение 1) отражают постепенное уменьшение значений показателей в отношении к одному стимулу.

Таблица 5

Средние значения показателей глазодвигательных реакций для четырех заданий

| Показатель | Средние значения | | | | N | df | p |
|-----------------------|------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-------|----|-------------|
| | Задание 1 | Задание 2 | Задание 3 | Задание 4 | | | |
| Длительность фиксаций | 2556±473 | 1705±616 | 1792±974 | 1339±702 | 120,0 | 3 | $p < 0,001$ |
| Количество фиксаций | 5,5±1,63 | 4,09±1,57 ^{ns} | 4,46±2,36 | 3,63±1,81 ^{ns} | 55,1 | | |

Примечание: ns — нет значимых различий между выделенными парами, df — число степеней свободы

Table 5

Mean values of oculomotor reaction indices for the four tasks

| Index | Average values | | | | N | df | p |
|-----------------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-------|----|-------------|
| | Task 1 | Task 2 | Task 3 | Task 4 | | | |
| Duration of fixations | 2556±473 | 1705±616 | 1792±974 | 1339±702 | 120.0 | 3 | $p < 0.001$ |
| Number of fixations | 5.5±1.63 | 4.09±1.57 ^{ns} | 4.46±2.36 | 3.63±1.81 ^{ns} | 55.1 | | |

Note: ns — no significant differences between the selected pairs, df — number of degrees of freedom

Ковариационный анализ

Ковариационный анализ проводился по шкале *Расположение* с целью проверить достоверность различий между группами верхнего и нижнего терцилей для баллов шкалы «Расположение» с учетом влияния уровня развития когнитивной гибкости, невербального интеллекта и базового двигательного навыка мелкой моторики у детей. В Таблице 6 представлены результаты диагностики уровня развития регуляторных функций.

Количество участников, одновременно прошедших дополнительные методики на диагностику регуляторных функций, методику «Память на конструирование» и оценку глазодвигательных реакций, меньше, чем в основной выборке. Тем не менее деление респондентов по группам верхнего и нижнего терцилей

равномерно (примерно 50/50). Распределение выборок соответствует нормальному ($p > 0,05$).

По результатам ковариационного анализа сохраняются различия в общем количестве фиксаций между группами верхнего и нижнего терцилей для шкал «Расположение» ($p < 0,05$) вне зависимости от результатов пробы переключение методики «Сортировка карточек». Различия в общем количестве фиксаций между группами для шкалы «Расположение» с учетом влияния пробы цветных прогрессивных матриц Равена и пробы Физическое развитие прослеживаются на уровне тенденции ($p < 0,01$). Различия между группами для шкалы «Общий результат» отмечены на уровне тенденции ($p < 0,1$) только с учетом влияния пробы «переключение». В Таблице 7 представлены результаты ковариационного анализа для шкалы «Расположение» для трех ковариат.

Таблица 6

Средние значения и стандартные отклонения результатов диагностики уровня развития регуляторных функций у дошкольников подготовительных групп

| Методика | Шкала | Среднее значение и ст. отклонение шкалы | Диапазон баллов |
|-----------------------------|-----------------|---|-----------------|
| Сортировка карточек (n=46) | Переключение | 9,46±2,76 | 1–12 |
| ЦПМР* (n= 28) | - | 16,5±6,69 | 6–28 |
| Физическое развитие (n= 28) | Мелкая моторика | 29,1±6,26 | 16–40 |

Примечание: *ЦПМР — Цветной вариант Прогрессивных Матриц Равена

Table 6

Mean values and standard deviations of the results of diagnostics of the level of development of regulatory functions in preschoolers of preparatory groups

| Methodology | Scale | Mean and standard deviation of the scale | Range of scores |
|-------------------------------|-------------------|--|-----------------|
| Card sorting (n = 46) | Shift frame | 9.46±2.76 | 1–12 |
| CRPM* (n = 28) | - | 16.5±6.69 | 6–28 |
| Physical development (n = 28) | Fine motor skills | 29.1±6.26 | 16–40 |

Note: CRPM — Colour variant of Raven's Progressive Matrices

Таблица 7

Средние значения общего количества фиксаций для двух групп терцилей по шкале «Расположение» для трех методик оценки развития регуляторных функций у дошкольников подготовительных групп

| Методика | Группа | | F | df | p |
|--|-----------|------------|------|----|----------|
| | Нижний | Верхний | | | |
| Сортировка карточек (n1 = 13, n2 = 15) | 89,9±16,4 | 109,0±20,8 | 5,47 | 1 | p = 0,02 |
| ЦПМР* (n1 = 9, n2 = 11) | 88,0±18,4 | 109,0±15,9 | 8,97 | 1 | p < 0,1 |
| Физическое развитие (n1 = 8, n2 = 9) | 91,6±9,94 | 108,0±17,2 | 3,98 | 1 | p = 0,06 |

Примечание: *ЦПМР — Цветной вариант Прогрессивных Матриц Равена

Table 7

Mean values of the total number of fixations for two quantile groups of the “Location” scale for diagnostics of the level of regulatory functions development in preschoolers of preparatory groups

| Index | Quantile (n/3) group | | F | df | p |
|--|----------------------|------------|------|----|----------|
| | Lower | Upper | | | |
| Card sorting (n1 = 13, n2 = 15) | 89.9±16.4 | 109.0±20.8 | 5.47 | 1 | p = 0.02 |
| CRPM* (n1 = 9, n2 = 11) | 88.0±18.4 | 109.0±15.9 | 8.97 | 1 | p < 0.1 |
| Physical development (n1 = 8, n2 = 9) | 91.6±9.94 | 108.0±17.2 | 3.98 | 1 | p = 0.06 |

Note: *CRPM — Colour variant of Raven’s Progressive Matrices

Обсуждение результатов

В ходе работы проведено исследование с целью проверки гипотезы о связи уровня развития зрительной невербальной памяти у детей дошкольного возраста с зрительно-моторной координацией, оцениваемой по глазодвигательным параметрам с использованием айтрекера, а также выявлению специфических глазодвигательных паттернов и определению влияния различных когнитивных и моторных функций на визуальное восприятие.

В ходе исследования были записаны глазодвигательные показатели 53 детей возраста 6–7 лет с помощью айтрекера Pupil Invisible во время прохождения ими субтеста «Память на конструирование» диагностического комплекса NEPSY-II (Korkman et al., 2007). Ввиду сложности оценки физиологических процессов зрительной памяти, а также особенностей проведения методики, в работе отражены результаты анализа только этапа демонстрации изображений, соответственно результаты статистической обработки позволяют оценить только процесс запоминания визуального материала.

Полученные результаты диагностики невербальной рабочей памяти с использованием методики «Память на конструирование» соответствуют нормотипичному развитию зрительно-пространственной памяти. Больше 70% участников показали средний результат работы зрительно-пространственной памяти. При этом относительно схожее процентное распределение высоких, средних и низких показателей наблюдалось в шкале «Образы», отражающей процесс удержания в памяти образа изображения. Согласно оценке баллов методики в выборке не наблюдается равное распределение высоких, средних и низких показателей, поэтому сравнение средних значений по фактору «уровень развития» был затруднен. В ходе работы выборку поделили на терцили для каждой шкалы и был проведен сравнительный анализ крайних групп (верхнего и нижнего терцилей). Были обнаружены значимые различия в количестве фиксаций между группами по шкале «Расположение»: успешное прохождение задания характеризуется большим ко-

личеством фиксаций при просмотре стимульного материала. Показано, что объем пространственной компоненты невербальной рабочей памяти положительно коррелирует с количеством фиксаций, что подтверждает выявленные различия между группами.

Известно, что в контексте задания на изменение и определение образа целевого объекта объем контекстной составляющей зрительно-пространственной рабочей памяти к 7 годам увеличивается до значений, близким к результатам взрослых (Buss et al., 2018), а также и пространственное воспроизведение демонстрирует повышение точности у детей в возрасте 5–7 лет (Безруких, Теребова, 2009; Schutte et al., 2003). В нашей работе использование комбинированной задачи на удержание в памяти образа и локализации объекта с оценкой глазодвигательной активности позволила выявить закономерность успешного выполнения задачи с пространственной компонентой зрительной рабочей памяти. Дети рассматривали демонстрируемый материал с повышенной концентрацией внимания на расположении картинок. При этом большее количество фиксаций прослеживалось у детей, показавших более высокие результаты. Наша работа частично соотносится с анализом саккад в работе С. Стигчел и А. Холлингворт (Van der Stigchel, Hollingworth, 2018), где автор подчеркивает обновление глазодвигательных показателей внимания в пространственной рабочей памяти в соответствии с будущими местоположениями на сетчатке, чтобы удержать внимание на целевых объектах (Van der Stigchel, Hollingworth, 2018). Соответственно, дети с лучшей памятью на пространственное расположение стимулов могут обладать более эффективной системой глазодвигательных стратегий, повышающих уровень внимания на визуальном материале.

Помимо анализа общих результатов прохождения теста «Память на переключение» в работе был проведен статистический анализ глазодвигательных параметров для каждого задания в отдельности. Длительность и количество фиксаций в расчете на одно изображение значимо уменьшаются от первого к четвертому заданию, при этом не выявлено значимых отличий между вторым и третьим заданиями. Исходя

из этого, можно заключить о повышении распределения внимания на стимульном материале в соответствии с увеличением количества стимулов от первого к четвертому заданию. На этапе демонстрации при добавлении новых карточек дети стремятся уделить равное внимание большему объему зрительно-пространственной информации. Подобные зрительные стратегии помогают лучше запомнить большой объем зрительного материала.

Полученные результаты также соотносятся с работами, подчеркивающими роль внимания и участие стратегий зрительного поиска в функционировании рабочей памяти (Madrid, Hout, 2019). В работе А. Холлингворт и др. (Hollingworth et al., 2013) показано влияние отсутствия конкурирующих стимулов или предубеждения о зрительном представлении объекта на пространственно-временную динамику простых движений глаз. Выдвинуто предположение о распространении влияния зрительной рабочей памяти на самые базовые глазодвигательные стратегии (Hollingworth et al., 2013), а также отмечена первостепенная роль саккад в направлении фокуса внимания на релевантный объект (Walcher et al., 2024). Другими словами, тесная взаимосвязь глазодвигательной системы с зрительно-пространственной рабочей памятью может проследиваться при выполнении простых задач, как, например, просматривание изображений.

Следует отметить, что интерпретация приведенных результатов затруднена ввиду малого количества схожих исследований в данной области, в частности, с похожей парадигмой эксперимента. Тем не менее, мы можем проследить некоторые закономерности с публикациями, описывающими исследования рабочей памяти с применением айтрекинга (Caldani et al., 2023; Fu et al., 2024), некоторые из которых посвящены изучению патологических состояний с нарушением процессов запоминания. Так, работа Л. Сяо (Xiao et al., 2023) подчеркивает возможность разделения причин нарушения запоминания вследствие неспособности удерживать внимание или нарушения более глубоких механизмов рабочей памяти. Группа участников с формой височной лобной эпилепсии с гиппокампальным склерозом тратила меньше времени на просмотр целей на этапе декодирования по сравнению с контрольной здоровой группой при воспроизведении и поиске четырех целей (Xiao et al., 2023). Исследования в области особенностей тормозных и регуляторных функций у детей с расстройством аутистического спектра связывают уменьшение амплитуды саккад, направляющих память, с нарушениями планирования и рабочей памяти (Caldani et al., 2023). Таким образом, патологические состояния, приводящие к нарушению процессов зрительно-пространственной памяти, характеризуются снижением значений таких параметров, как фиксации (отражающие степень длительности просмотра изображений) и амплитуда саккад по сравнению со здоровой контрольной группой. Поскольку в нашей работе суммарные значения показателей глазодвигательных стратегий

увеличивались (уменьшение наблюдалось только в соотношении к одному стимулу), можно предположить, что наши результаты отражают работу неповрежденных механизмов, участвующих в процессах определения и удержания зрительно-пространственной информации в памяти.

Вторая часть работы позволяет заключить о прямой взаимосвязи между уровнем пространственной зрительной памяти и глазодвигательными параметрами в процессе запоминания визуального материала. Согласно ковариационному анализу, наблюдаемые различия между группами участников прослеживаются для шкалы «Расположение» на уровне с учетом эффективности выполнения методики «Сортировка карточек», а также на уровне тенденции с учетом эффективности выполнения методик Прогрессивные матрицы Равена и диагностики базовых двигательных навыков и моторной компетентности. Однако не исключена взаимосвязь между результатами выполнения методики «Сортировка карточек» и общим результатом методики «Память на конструирование». Наш анализ соотносится со схемой корковой активации в процессе выполнения задания на зрительную рабочую память (Fuster, 2008). Основные области, отвечающие за планирование действий и переключение, принятие решений и формирование моторного ответа, начинают свою активацию к моменту удержания визуальной информации в памяти и началу формирования ответа (Fuster, 2008). Учитывая это, изучение механизмов зрительно-пространственной памяти в парадигме использования методики «Память на конструирование», в частности этапа удержания зрительного образа и периода воспроизведения материала, представляет перспективу последующих исследований.

Использование методики регистрации движений глаз позволяет дополнить исследование невербальной рабочей памяти психофизиологическими маркерами. На данный момент в качестве подобных выступает суммарное количество фиксаций во время запоминания материала. Увеличение выборки испытуемых в будущих исследованиях позволит провести более подробный статистический анализ. В частности, перспективным является отбор детей с разным уровнем зрительно-пространственной памяти, чтобы провести анализ зрительных стратегий по шкалам Образы, и Общего результата, а также проверить установленную тенденцию к отличиям в глазодвигательных параметрах для результатов Общего балла.

Выводы

В рамках нашей работы мы успешно апробировали применение систем регистрации движений глаз у детей дошкольного возраста совместно с прохождением диагностики невербальной рабочей памяти, что является инновационным методом изучения механизмов рабочей памяти у детей.

Дети показали преимущественно средние значения объема зрительно-пространственной памяти. Несмотря на это, была отмечена зависимость количества фиксаций во время запоминания стимуль-ного материала от успешности выполнения задания на воспроизведение расположения запоминаемого материала: дети с более высоким уровнем пространственной памяти совершали больше фиксаций во время просмотра изображения. Таким образом, мы наблюдаем взаимосвязь уровня удержания внимания с определением пространственного расположения деталей на стимульном материале. Также анализ отдельно взятых заданий показал зависимость компонентов зрительного поиска (переключения внимания и удержания внимания) от сложности заданий. Дети с высокими показателями объема пространственной компоненты рабочей памяти характеризуются повышенной концентрацией внимания во время демонстрации стимулов. Не исключено, что глазодвигательные стратегии играют дополнительную роль в успешности запоминания.

Зрительно-пространственная память играет ключевую роль в формировании зрительного восприя-

тия детей. Наряду с освоением моторных навыков и зрительного поиска она создает надежную основу для познавательной деятельности ребенка, направляя и регулируя его поведение. Системы отслеживания движений глаз — перспективный метод изучения механизмов зрительно-пространственной рабочей памяти, что подтверждено многими исследованиями, в том числе и данной работой. Несмотря на это, ввиду малого количества исследований, проведенных на детях дошкольного возраста, не представляется возможным полноценно сравнить результаты данного исследования с работами коллег. В связи с этим становится актуальным и необходимым продолжение исследований в данной тематике. В нашей работе еще остаются неизученными такие аспекты, как глазодвигательные стратегии во время воспроизведения запоминаемой информации, процент фиксаций на целевых карточках и дистракторах, частота переключения внимания с целевых стимулов на дистракторы. Также в планировании будущих работ не исключено увеличение выборки испытуемых, чтобы было возможным провести более подробный дисперсионный анализ со сравнением низких показателей оценки рабочей памяти.

Список литературы

- Алмазова, О.В., Бухаленкова, Д.А., Веракса, А.Н., Гаврилова, М.Н., Асланова, М.С. (2024). Развитие регуляторных функций у детей 5–9 лет. *Сибирский психологический журнал*, (93), 131–156.
- Ахутина, Т.В., Засыпкина, К.В., Романова, А.А. (2013). Предпосылки и ранние этапы развития речи: Новые данные. *Вопросы психолингвистики*, (17), 20–43.
- Безруких, М.М., Теребова, Н.Н. (2009). Особенности развития зрительного восприятия у детей 5–7 лет. *Физиология человека*, 35(6), 37–42.
- Веракса, А.Н., Алмазова, О.В., Бухаленкова, Д.А. (2020). Диагностика регуляторных функций в старшем дошкольном возрасте: Батарей методик. *Психологический журнал*, 41(6), 108–118.
- Гаврилова, М.Н., Чичина, Е.А., Якушина, А.А. (2023). Оценка двигательного развития в дошкольном возрасте: Обзор диагностического инструментария. *Российский психологический журнал*, 20(4), 4. <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.4.17>
- Горшкова, Е.В. (2022). О развитии образно-пластического творчества у детей 5–6 лет. *Современное дошкольное образование*, (1), 15–25. <https://doi.org/10.24412/1997-9657-2022-1109-15-25>
- Лурия, А.Р. (1962). Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. Москва: Изд-во Моск. ун-та.
- Ощепкова, Е.С., Шатская, А.Н. (2023). Особенности развития связной речи у детей 6–8 лет в зависимости от уровня развития регуляторных функций. *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*, 46(3), 261–284. <https://doi.org/10.11621/LPJ-23-36>
- Трушкина, С.В., Скобло, Г.В. (2022). Применение методики «Диагностика психического развития детей от рождения до трех лет» в клинической психологии и психиатрии. *Национальный психологический журнал*, (3), 97–107. <https://doi.org/10.11621/npj.2022.0312>
- Фаликман, М.В. (2006). Взаимосвязь когнитивного и двигательного развития в детском возрасте. Сравнительный анализ синдрома дефицита внимания/гиперактивности и синдрома нарушения координации. *Аутизм и нарушения развития*, (1), 29–41.
- Фаликман, М.В. (2009). Современные исследования взаимосвязи становления когнитивных и двигательных функций: Предпосылки успешного освоения письма. *Психологическая наука и образование*, 1(1).
- Чернова, Е.П., Борисова, Е.Ю., Козина, И.Б. (2014). Особенности развития функциональных блоков мозга у детей 5–7 лет с речевой патологией. *Психология и Психотехника*, (11), 1231–1239.
- Ягудина, А.А. (2014). Возрастные характеристики невербального интеллекта. *Международный журнал экспериментального образования*, (6–1), 106–106.
- Burmenskaya, G.V. (2022). Orienting Activity of the Subject as a Mechanism for Instruction, Learning and Development. *Psychology in Russia: State of the Art*, 15(4), 36–48. <https://doi.org/10.11621/pir.2022.0403>
- Buss, A.T., Ross-Sheehy, S., Reynolds, G.D. (2018). Visual Working Memory in Early Development: A developmental cognitive neuroscience perspective. *Journal of Neurophysiology*, 120(4), 1472–1483. <https://doi.org/10.1152/jn.00087.2018>
- Caldani, S., Humeau, E., Delorme, R., Bucci, M.P. (2023). Dysfunction in Inhibition and Executive Capabilities in Children with Autism Spectrum Disorder: An eye tracker study on memory guided saccades. *Applied Neuropsychology. Child*, 12(2), 131–136. <https://doi.org/10.1080/21622965.2022.2042300>
- Chichina, E.A., Gavrilova, M.N. (2022). Growth of Executive Functions in Preschool-Age Children During the COVID-19 Lockdown: Empirical Evidence. *Psychology in Russia: State of the Art*, 15(2), 124–136. <https://doi.org/10.11621/pir.2022.0209>

- Diamond, A. (2000). Close Interrelation of Motor Development and Cognitive Development and of the Cerebellum and Prefrontal Cortex. *Child Development*, 71(1), 44–56.
- Fandakova, Y., Hartley, C.A. (2020). Mechanisms of Learning and Plasticity in Childhood and Adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 42.
- Fu, Y., Zhang, J., Cao, Y., Ye, L., Zheng, R., Li, Q., Shen, B., Shi, Y., Cao, J., Fang, J. (2024). Recognition Memory Deficits Detected Through Eye-Tracking in Well-Controlled Children with Self-Limited Epilepsy with Centrottemporal Spikes. *Epilepsia*, 65(4), 1128–1140. <https://doi.org/10.1111/epi.17902>
- Fuster, J.M. (2008). *The prefrontal cortex*. Cambridge: Academic Press.
- Hartwig, J., Kretschmer-Trendowicz, A., Helmert, J.R., Jung, M.L., Pannasch, S. (2021). Revealing the Dynamics of Prospective Memory Processes in Children with Eye Movements. *International Journal of Psychophysiology*, (160), 38–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.12.005>
- Henderson, S.E., Sugden, D.A., Barnett, A.L. (2007). Movement Assessment Battery for Children-2 second edition (Movement ABC-2). Harvard: Psychological Corporation Publ.
- Hollingworth, A., Matsukura, M., Luck, S.J. (2013). Visual Working Memory Modulates Rapid Eye Movements to Simple Onset Targets. *Psychological Science*, 24(5), 790–796. <https://doi.org/10.1177/0956797612459767>
- Korkman, M., Kirk, U., Kemp, S.L. (2007). NEPSYII. Administrative manual. Harvard: Psychological Corporation Publ.
- Liu, Y., Zhan, P., Fu, Y., Chen, Q., Man, K., Luo, Y. (2023). Using a Multi-Strategy Eye-Tracking Psychometric Model to Measure Intelligence and Identify Cognitive Strategy in Raven's Advanced Progressive Matrices. *Intelligence*, (100), 101782. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2023.101782>
- Madrid, J., Hout, M.C. (2019). Examining the Effects of Passive and Active Strategies on Behavior During Hybrid Visual Memory Search: Evidence from eye tracking. *Cognitive Research: Principles and Implications*, (4), 39. <https://doi.org/10.1186/s41235-019-0191-2>
- Olsen, R.K., Chiew, M., Buchsbaum, B.R., Ryan, J.D. (2014). The Relationship between Delay Period Eye Movements and Visuospatial Memory. *Journal of Vision*, 14(1), 8. <https://doi.org/10.1167/14.1.8>
- Raven, J., Raven, J.C., Court, J.H. (2002). Section 2: The coloured progressive matrices. In the Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Schutte, A.R., Spencer, J.P., Schöner, G. (2003). Testing the Dynamic Field Theory: Working memory for locations becomes more spatially precise over development. *Child Development*, 74(5), 1393–1417. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00614>
- Skrzypulec, B., Chuderski, A. (2020). Nonlinear Effects of Spatial Connectedness Implicate Hierarchically Structured Representations in Visual Working Memory. *Journal of Memory and Language*, (113), 104124. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2020.104124>
- Soldatova, G.U., Rasskazova, E.I. (2022). Multitasking as a Personal Choice of the Mode of Activity in Russian Children and Adolescents: Its Relationship to Experimental Multitasking and its Effectiveness. *Psychology in Russia: State of the Art*, 15(2), 113–123. <https://doi.org/10.11621/pir.2022.0208>
- Theeuwes, J., Kramer, A.F., Irwin, D.E. (2011). Attention on Our Mind: The role of spatial attention in visual working memory. *Acta Psychologica*, 137(2), 248–251. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.06.011>
- Tonsen, M., Baumann, C.K., Dierkes, K. (2020). A High-Level Description and Performance Evaluation of Pupil Invisible. <http://arxiv.org/abs/2009.00508>
- Van der Stigchel, S., Hollingworth, A. (2018). Visuospatial Working Memory as a Fundamental Component of the Eye Movement System. *Current Directions in Psychological Science*, 27(2), 136–143. <https://doi.org/10.1177/0963721417741710>
- Walcher, S., Korda, Z., Körner, C., Benedek, M. (2024). How Workload and Availability of Spatial Reference Shape Eye Movement Coupling in Visuospatial Working Memory. *Cognition*, (249), 105815. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2024.105815>
- Xiao, L., Zhu, G., Huang, K., Wen, S., Feng, L., Li, B., Xiao, B., Liu, D., Wang, Q. (2023). Memory Characteristics in Mesial Temporal Lobe Epilepsy: Insights from an eye tracking memory game and neuropsychological assessments. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 29(9), 2621–2633. <https://doi.org/10.1111/cns.14203>
- Zakharov, I.M., Voronin, I.A., Ismatullina, V.I., Malykh, S.B. (2016). The Relationship between Visual Recognition Memory and Intelligence. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, (233), 313–317. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.142>
- Zakharova, M.N., Machinskaya, R.I. (2023). Voluntary Control of Cognitive Activity in Preschool Children: Age-dependent Changes from Ages 3–4 to 4–5. *Psychology in Russia: State of the Art*, 16(3), 122–131. <https://doi.org/10.11621/pir.2023.0309>
- Zelazo, P.D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *National Protocols*, (1), 297–201.
- Zurrin, R., Wong, S.T.S., Roes, M.M., Percival, C.M., Chinchani, A., Arreaza, L., Kusi, M., Momeni, A., Rasheed, M., Mo, Z., Goghari, V.M., Woodward, T.S. (2024). Functional Brain Networks Involved in the Raven's Standard Progressive Matrices Task and their Relation to Theories of Fluid Intelligence. *Intelligence*, (103), 101807. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2024.101807>

References

- Akhutina, T.V., Zasyapkina, K.V., Romanova, A.A. (2013). Prerequisites and Early Stages of Speech Development: New data. *Voprosy psiholingvistiki = Journal of Psycholinguistics*, (17), 20–43. (In Russ.)
- Almazova, O.V., Buhalenkova, D.A., Veraksa, A.N., Gavrilova, M.N., Aslanova, M.S. (2024). Development of Regulatory Functions in Children 5–9 years old. *Sibirskij psihologicheskij zhurnal = Siberian Psychological Journal*, (93), 131–156. (In Russ.). <https://doi.org/10.22363/2313-1683-2023-20-3-543-559>
- Bezrukih, M.M., Terebova, N.N. (2009). Features of the Development of Visual Perception in Children 5–7 years old. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*, 35(6), 37–42. (In Russ.)
- Burmenskaya, G.V. (2022). Orienting Activity of the Subject as a Mechanism for Instruction, Learning and Development. *Psychology in Russia: State of the Art*, 15(4), 36–48. <https://doi.org/10.11621/pir.2022.0403>
- Buss, A.T., Ross-Sheehy, S., Reynolds, G.D. (2018). Visual Working Memory in Early Development: A developmental cognitive neuroscience perspective. *Journal of Neurophysiology*, 120(4), 1472–1483. <https://doi.org/10.1152/jn.00087.2018>

- Caldani, S., Humeau, E., Delorme, R., Bucci, M.P. (2023). Dysfunction in Inhibition and Executive Capabilities in Children with Autism Spectrum Disorder: An eye tracker study on memory guided saccades. *Applied Neuropsychology. Child*, 12(2), 131–136. <https://doi.org/10.1080/21622965.2022.2042300>
- Chernova, E.P., Borisova, E.Yu., Kozina, I.B. (2014). Features of Development of Functional Brain Blocks in Children 5–7 Years Old with Speech Pathology. *Psihologiya i Psihotekhnika = Psychology and Psychotechnique*, (11), 1231–1239. (In Russ.)
- Chichinina, E.A., Gavrilova, M.N. (2022). Growth of Executive Functions in Preschool-Age Children During the COVID-19 Lockdown: Empirical Evidence. *Psychology in Russia: State of the Art*, 15(2), 124–136. <https://doi.org/10.11621/pir.2022.0209>
- Diamond, A. (2000). Close Interrelation of Motor Development and Cognitive Development and of the Cerebellum and Prefrontal Cortex. *Child Development*, 71(1), 44–56.
- Falikman, M.V. (2006). The Relationship between Cognitive and Motor Development in Childhood. A comparative analysis of attention-deficit/hyperactivity disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Autizm i narusheniya razvitiya = Autism and Developmental Disorders*, (1), 29–41. (In Russ.)
- Falikman, M.V. (2009). Current Research on the Relationship between the Formation of Cognitive and Motor Functions: Prerequisites for successful mastery of writing. *Psihologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*, 1(1). (In Russ.)
- Fandakova, Y., Hartley, C.A. (2020). Mechanisms of Learning and Plasticity in Childhood and Adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 42.
- Fu, Y., Zhang, J., Cao, Y., Ye, L., Zheng, R., Li, Q., Shen, B., Shi, Y., Cao, J., Fang, J. (2024). Recognition Memory Deficits Detected Through Eye-Tracking in Well-Controlled Children with Self-Limited Epilepsy with Centrottemporal Spikes. *Epilepsia*, 65(4), 1128–1140. <https://doi.org/10.1111/epi.17902>
- Fuster, J.M. (2008). *The prefrontal cortex*. Cambridge: Academic Press.
- Gavrilova, M.N., Chichinina, E.A., Yakushina, A.A. (2023). Assessment of Motor Development in Preschool Age: A review of diagnostic tools. *Rossiiskij psihologicheskij zhurnal = Russian Psychological Journal*, 20(4), 4. (In Russ.). <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.4.17>
- Gorshkova, E.V. (2022). On the Development of Figurative and Plastic Creativity in Children 5–6 years old. *Sovremennoe doskol'noe obrazovanie = Modern Preschool Education*, (1), 15–25. <https://doi.org/10.24412/1997-9657-2022-1109-15-25>
- Hartwig, J., Kretschmer-Trendowicz, A., Helmert, J.R., Jung, M.L., Pannasch, S. (2021). Revealing the Dynamics of Prospective Memory Processes in Children with Eye Movements. *International Journal of Psychophysiology*, (160), 38–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.12.005>
- Henderson, S.E., Sugden, D.A., Barnett, A.L. (2007). Movement Assessment Battery for Children-2 second edition (Movement ABC-2). Harvard: Psychological Corporation Publ.
- Hollingworth, A., Matsukura, M., Luck, S.J. (2013). Visual Working Memory Modulates Rapid Eye Movements to Simple Onset Targets. *Psychological Science*, 24(5), 790–796. <https://doi.org/10.1177/0956797612459767>
- Korkman, M., Kirk, U., Kemp, S.L. (2007). NEPSYII. Administrative manual. Harvard: Psychological Corporation Publ.
- Liu, Y., Zhan, P., Fu, Y., Chen, Q., Man, K., Luo, Y. (2023). Using a Multi-Strategy Eye-Tracking Psychometric Model to Measure Intelligence and Identify Cognitive Strategy in Raven's Advanced Progressive Matrices. *Intelligence*, (100), 101782. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2023.101782>
- Luriya, A.R. (1962). Higher Cortical Functions of Man and their Disorders in Localized Brain Lesions. Moscow: Moscow Univ. Press. (In Russ.)
- Madrid, J., Hout, M.C. (2019). Examining the Effects of Passive and Active Strategies on Behavior During Hybrid Visual Memory Search: Evidence from eye tracking. *Cognitive Research: Principles and Implications*, (4), 39. <https://doi.org/10.1186/s41235-019-0191-2>
- Olsen, R.K., Chiew, M., Buchsbaum, B.R., Ryan, J.D. (2014). The Relationship between Delay Period Eye Movements and Visuospatial Memory. *Journal of Vision*, 14(1), 8. <https://doi.org/10.1167/14.1.8>
- Oshchepkova, E.S., Shatskaya, A.N. (2023). Features of Development of Connected Speech in Children 6–8 Years Old Depending on the Level of Development of Regulatory Functions. *Lomonosov Psychology Journal*, 46(3), 261–284. (In Russ.). <https://doi.org/10.11621/LPJ-23-36>
- Raven, J., Raven, J.C., Court, J.H. (2002). Section 2: The coloured progressive matrices. In the Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Schutte, A.R., Spencer, J.P., Schöner, G. (2003). Testing the Dynamic Field Theory: Working memory for locations becomes more spatially precise over development. *Child Development*, 74(5), 1393–1417. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00614>
- Skrzypulec, B., Chuderski, A. (2020). Nonlinear Effects of Spatial Connectedness Implicate Hierarchically Structured Representations in Visual Working Memory. *Journal of Memory and Language*, (113), 104124. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2020.104124>
- Soldatova, G.U., Rasskazova, E.I. (2022). Multitasking as a Personal Choice of the Mode of Activity in Russian Children and Adolescents: Its Relationship to Experimental Multitasking and its Effectiveness. *Psychology in Russia: State of the Art*, 15(2), 113–123. <https://doi.org/10.11621/pir.2022.0208>
- Theeuwes, J., Kramer, A.F., Irwin, D.E. (2011). Attention on Our Mind: The role of spatial attention in visual working memory. *Acta Psychologica*, 137(2), 248–251. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.06.011>
- Tonsen, M., Baumann, C.K., Dierkes, K. (2020). A High-Level Description and Performance Evaluation of Pupil Invisible. <http://arxiv.org/abs/2009.00508>
- Trushkina, S.V., Skoblo, G.V. (2022). Application of the Technique “Diagnostics of Mental Development of Children from Birth to Three Years” in Clinical Psychology and Psychiatry. *National Psychological Journal*, (3), 97–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.11621/npj.2022.0312>
- Van der Stigchel, S., Hollingworth, A. (2018). Visuospatial Working Memory as a Fundamental Component of the Eye Movement System. *Current Directions in Psychological Science*, 27(2), 136–143. <https://doi.org/10.1177/0963721417741710>
- Veraksa, A.N., Almazova, O.V., Buhalenkova, D.A. (2020). Diagnostics of Regulatory Functions in the Older Preschool Age: A battery of techniques. *Psihologicheskij zhurnal = Psychological Journal*, 41(6), 108–118. (In Russ.)
- Walcher, S., Korda, Ž., Körner, C., Benedek, M. (2024). How Workload and Availability of Spatial Reference Shape Eye Movement Coupling in Visuospatial Working Memory. *Cognition*, (249), 105815. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2024.105815>

Xiao, L., Zhu, G., Huang, K., Wen, S., Feng, L., Li, B., Xiao, B., Liu, D., Wang, Q. (2023). Memory Characteristics in Mesial Temporal Lobe Epilepsy: Insights from an eye tracking memory game and neuropsychological assessments. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 29(9), 2621–2633. <https://doi.org/10.1111/cns.14203>

Yagudina, A.A. (2014). Age Characteristics of Nonverbal Intelligence. *Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya = International Journal of Experimental Education*, (6–1), 106–106. (In Russ.)

Zakharov, I.M., Voronin, I.A., Ismatullina, V.I., Malykh, S.B. (2016). The Relationship between Visual Recognition Memory and Intelligence. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, (233), 313–317. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.142>

Zakharova, M.N., Machinskaya, R.I. (2023). Voluntary Control of Cognitive Activity in Preschool Children: Age-dependent Changes from Ages 3–4 to 4–5. *Psychology in Russia: State of the Art*, 16(3), 122–131. <https://doi.org/10.11621/pir.2023.0309>

Zelazo, P.D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *National Protocols*, (1), 297–201.

Zurrin, R., Wong, S.T.S., Roes, M.M., Percival, C.M., Chinchani, A., Arreaza, L., Kusi, M., Momeni, A., Rasheed, M., Mo, Z., Goghari, V.M., Woodward, T.S. (2024). Functional Brain Networks Involved in the Raven's Standard Progressive Matrices Task and their Relation to Theories of Fluid Intelligence. *Intelligence*, (103), 101807. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2024.101807>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Елизавета Аркадьевна Панфилова, младший научный сотрудник лаборатории конвергентных исследований когнитивных процессов Федерального научного центра психологических и междисциплинарных исследований, Москва, Российская Федерация, lizapanf11@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5596-650X>

Elizaveta A. Panfilova, Junior Researcher, Laboratory of Convergent Studies of Cognitive Processes, Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, lizapanf11@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5596-650X>



Маргарита Сергеевна Асланова, научный сотрудник кафедры психологии образования и педагогики факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; старший преподаватель кафедры педагогики и медицинской психологии Института психолого-социальной работы Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Российская Федерация, simomargarita@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3150-221X>

Margarita S. Aslanova, Researcher at the Department of Psychology of Education and Pedagogy, the Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University; Senior Lecturer at the Department of Pedagogy and Medical Psychology, Institute of Psychological and Social Work, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation, simomargarita@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3150-221X>



Сергей Владимирович Леонов, кандидат психологических наук, доцент кафедры методологии факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, svleonov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>

Sergey V. Leonov, Cand. Sci. (Psychology), Associate Professor at the Department of Methodology of Psychology, the Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, svleonov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>



Павел Юрьевич Сухочев, научный сотрудник лаборатории по математическому обеспечению имитационных динамических систем механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, ps@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8004-6011>

Pavel Yu. Sukhochev, Researcher at the Laboratory for Mathematical Support of Simulated Dynamic Systems, the Faculty of Mechanics and Mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, ps@moids.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8004-6011>



Евгений Алексеевич Седогин, преподаватель Института среднего профессионального образования Московского государственного университета спорта и туризма, Москва, Российская Федерация, sadyugin@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8425-3296>

Evgeny A. Sedogin, Lecturer at the Institute of Secondary Professional Education, Moscow State University of Sports and Tourism, Moscow, Russian Federation, sadyugin@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8425-3296>



Галина Анатольевна Глотова, доктор психологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории педагогической психологии факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, galina.glotova1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3690-9649>

Galina A. Glotova, Dr. Sci. (Psychology), Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Pedagogy, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, galina.glotova1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3690-9649>



Ирина Сергеевна Поликанова, кандидат психологических наук, заведующая лабораторией конвергентных исследований когнитивных процессов Федерального научного центра психологических и междисциплинарных исследований, Москва, Российская Федерация, irinapolikanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>

Irina S. Polikanova, Cand. Sci. (Psychology), Head of the Laboratory of Convergent Studies of Cognitive Processes, Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, irinapolikanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>

Поступила: 15.09.2024; получена после доработки: 14.10.2024; принята в печать: 28.10.2024.

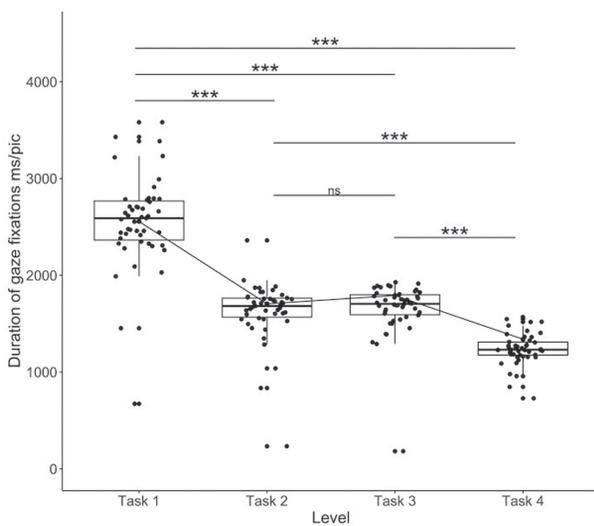
Received: 15.09.2024; revised: 14.10.2024; accepted: 28.10.2024.

Приложение 1

Графики анализа глазодвигательных реакций по уровням в период демонстрации стимулов.
Параметры указаны в расчете на один стимул

Appendix 1

Graphs of the analysis of oculomotor reactions by levels during the period of stimulus demonstration.
Parameters are indicated per stimulus



Примечание: Duration of gaze fixations, ms — длительность фиксации, мс; Task 1-4 — задания 1-4. *** — обозначены статистически значимые отличия между заданиями, $p < 0,001$, ns — нет значимых отличий

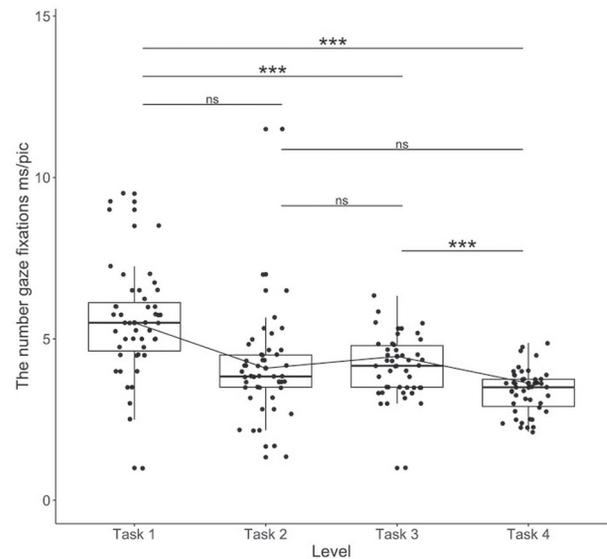
Рисунок 1

Длительность фиксации за каждое задание диагностики уровня развития зрительно-пространственной памяти у дошкольников подготовительной группы

Note: Duration of gaze fixations, ms — duration of fixations, ms; Task 1-4 — tasks 1-4. *** — statistically significant differences between the tasks, $p < 0.001$, ns — no significant differences

Figure 1

Duration of fixations for each task of diagnostics of the level of visual-spatial memory development in preschoolers of the preparatory group



Примечание: The number of gaze fixations — количество фиксации; Task 1-4 — задания 1-4. *** — обозначены статистически значимые отличия между заданиями, $p < 0,001$, ns — нет значимых отличий

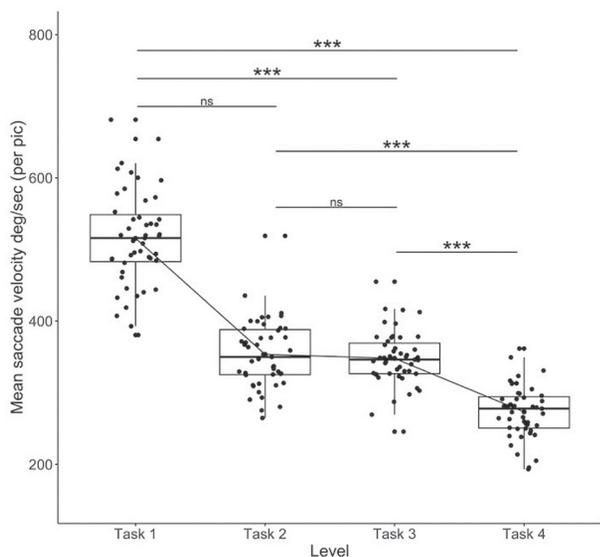
Рисунок 2

Количество фиксации за каждое задание диагностики уровня развития зрительно-пространственной памяти у дошкольников подготовительной группы

Note: The number of gaze fixations — number of fixations; Task 1-4 — tasks 1-4. *** — statistically significant differences between the tasks, $p < 0.001$, ns — no significant differences

Figure 2

The number of fixations for each task of diagnostics of the level of visual-spatial memory development in preschoolers of the preparatory group



Примечание: Mean saccade velocity, deg/sec — средняя скорость саккад, град./с; Task 1–4 — задания 1–4. *** — обозначены статистически значимые отличия между заданиями, $p < 0,001$, ns — нет значимых отличий

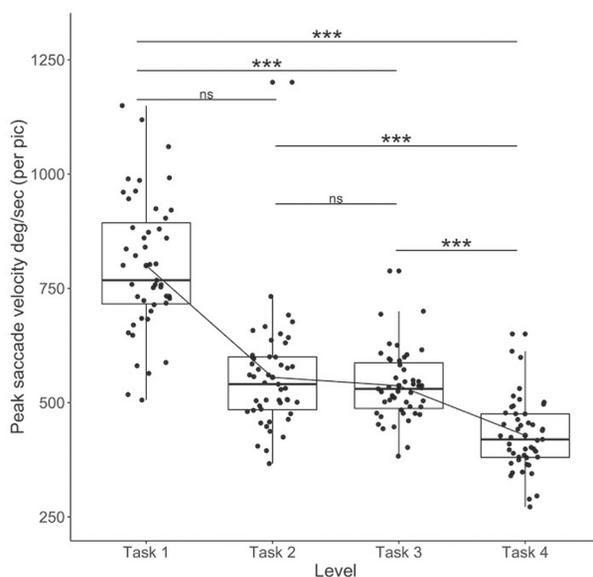
Рисунок 3

Средняя скорость саккад за каждое задание диагностики уровня развития зрительно-пространственной памяти у дошкольников подготовительной группы

Note: Mean saccade velocity, deg/sec — average saccade velocity, deg/sec; Task 1–4 — tasks 1–4. *** — statistically significant differences between the tasks, $p < 0.001$, ns — no significant differences are indicated

Figure 3

Mean saccade velocity for each task of diagnostics of the level of visual-spatial memory development in preschoolers of the preparatory group



Примечание: Peak saccade velocity, deg/sec — пиковая скорость саккад, град./с; Task 1–4 — задания 1–4. *** — обозначены статистически значимые отличия между заданиями, $p < 0,001$, ns — нет значимых отличий

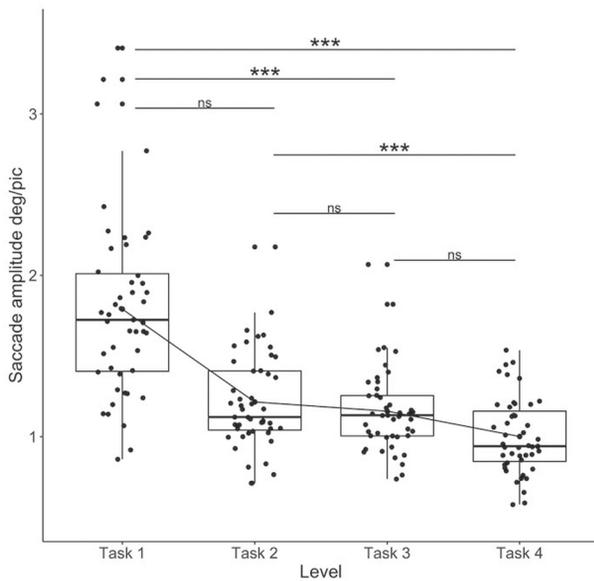
Рисунок 4

Пиковая скорость саккад за каждое задание диагностики уровня развития зрительно-пространственной памяти у дошкольников подготовительной группы

Note: Peak saccade velocity, deg/sec — peak saccade velocity, deg/sec; Task 1–4 — tasks 1–4. *** — statistically significant differences between the tasks, $p < 0.001$, ns — no significant differences

Figure 4

Peak saccade velocity for each task of diagnostics of the level of visual-spatial memory development in preschoolers of the preparatory group



Примечание: Saccade amplitude, deg — амплитуда саккад, град.; Task 1–4 — задания 1–4. *** — статистически значимые различия между заданиями, $p < 0,001$, ns — значимых различий нет

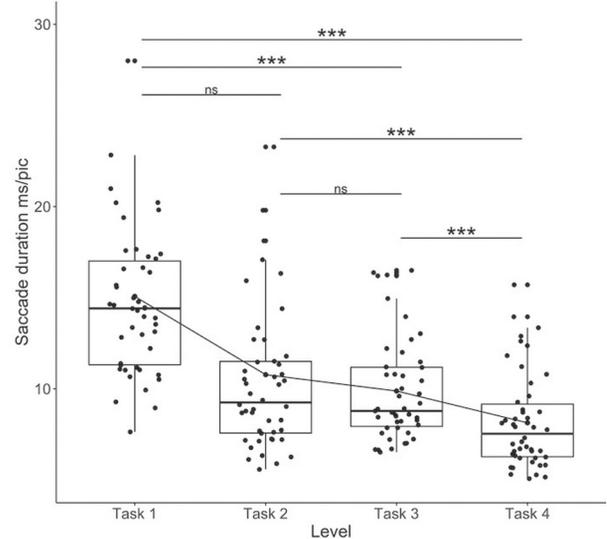
Рисунок 5

Амплитуда саккад для каждого задания диагностики уровня развития зрительно-пространственной памяти у дошкольников подготовительной группы

Note: Saccade amplitude, deg — amplitude of saccades, deg; Task 1–4 — tasks 1–4. *** — statistically significant differences between the tasks, $p < 0.001$, ns — no significant differences

Figure 5

Saccade amplitude for each task of diagnostics of the level of visual-spatial memory development in preschoolers of the preparatory group



Примечания: Saccade duration, ms — длительность саккад, мс; Task 1–4 — задания 1–4. *** — обозначены статистически значимые отличия между заданиями, $p < 0,001$, ns — нет значимых отличий

Рисунок 6

Длительность саккад за каждое задание диагностики уровня развития зрительно-пространственной памяти у дошкольников подготовительной группы

Note: Saccade duration, ms — saccade duration, ms; Task 1–4 — tasks 1–4. *** — statistically significant differences between the tasks, $p < 0.001$, ns — no significant differences

Figure 6

Saccade duration for each task of diagnostics of the level of visual-spatial memory development in preschoolers of the preparatory group